



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM

DALI



Lactobacillus brevis (MF098783) SUŞUNUN
BUĞDAY HASILI SİLAJININ
FERMENTASYON PROFİLİ AEROBİK
STABİLİTE VE SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ
ÜZERİNE ETKİLERİ

CAN ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2026



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM
DALI



Lactobacillus brevis (MF098783) SUŞUNUN
BUĞDAY HASILI SİLAJININ
FERMENTASYON PROFİLİ AEROBİK
STABİLİTE VE SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ
ÜZERİNE ETKİLERİ

CAN ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK

KIRŞEHİR

2026

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

03/06/2026
Can ASLAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	V
TABLolar DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3.MATERYAL VE METOT.....	13
3.1.Materyal.....	13
3.1.1.Silaj materyali.....	13
3.1.2 Silajların Hazırlanması	13
3.2. Metot	13
3.2.1 Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri.....	13
3.2.2. Kimyasal Analizler	14
3.2.3. Fiziksel Analizler.....	24
3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler	25
3.2.5. İstatistiksel Analizler	30
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
5. SONUÇ.	41
6.KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	53

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sürecinde, değerli bilgi ve tecrübelerini özveriyle aktaran, bilimsel bir araştırmamanın yürütülmesindeki metodolojik yaklaşımlar konusunda rehberlik eden ve her aşamada desteğini esirgemeyen kıymetli danışmanım Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK'e en içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Danışmanımın yol göstericiliği, çalışmamın başarıyla tamamlanmasında belirleyici olmuştur.

Bu yüksek lisans tez çalışması Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından ZRT: A4.24.010 proje numarası kapsamında desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesi ve tamamlanması sürecinde üniversitemiz tarafından sağlanan teknik ve altyapı desteklerinden dolayı Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında sunulan laboratuvar imkanları ve teknik donanımın sağlanmasının yanı sıra, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bizleri alanındaki derin bilgisi ve deneyimiyle aydınlatan değerli hocam Doç. Dr. Gökhan FİLİK'e minnettarlığımı belirtirim.

Yüksek lisans tezimin pratik aşamaları olan laboratuvar ve materyal çalışmalarında yardım ve desteklerini gördüğüm Uzman Biyolog Mikail YENİÇERİ, Ziraat Yüksek Mühendisi Sena KARAKUŞ, Ziraat Mühendisi Esra ŞİŞMAN, Ziraat Yüksek Mühendisi Şükrü YELTEKİN ve Ziraat Yüksek Mühendisi Ali ŞAHİNER'e emekleri için yürekten teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca bana büyük bir anlayışla yaklaşan ve daima destek vererek motivasyon kaynağım olan sevgili aileme ve değerli arkadaşlarıma derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2026

Can ASLAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Lactobacillus brevis (MF098783) SUŞUNUN BUĞDAY HASILI SİLAJININ FERMENTASYON PROFİLİ AEROBİK STABİLİTE VE SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Can ASLAN

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK
Yıl: 2026 Sayfa: 53
Jüri: Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK
Prof. Dr. Mehmet Ali BAL
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN

Bu çalışmanın amacı *Lactobacillus brevis* suşlarının (MF0987783) buğday hasılı (*Triticum aestivum*) silajlarının kalitesi, mikrobiyolojik özellikleri ve aerobik stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Araştırmada, hamur olum döneminde hasat edilen ve 2,5–3,5 cm boyutlarında doğranan buğday hasılı, kontrol grubu (BHSK) ve üç farklı konsantrasyonlarda *L. brevis* suşu 10^6 kob/kg *Lactobacillus brevis* inoküle edilmiş buğday hasılı silajı (BLAB6), 10^8 kob/kg *Lactobacillus brevis* inoküle edilmiş buğday hasılı silajı (BLAB8), 10^9 kob/kg *Lactobacillus brevis* inoküle edilmiş buğday hasılı silajı (BLAB9) ile inoküle edilen deneme grupları şeklinde düzenlenmiş ve materyaller anaerobik koşullarda fermente edilmiştir. Fermentasyon sonunda silaj örneklerinde kimyasal (ham protein, ADF, NDF), fiziksel (Sıcaklık, pH, toplam çözünebilir madde, açıklık, kırmızılık, sarılık, toplam renk farkı, renk tonu açısı, doyunluk) ve mikrobiyolojik (laktik asit bakteri, maya ve küf sayıları) analizler yapılmış, mikrobiyolojik değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. İn vitro gaz üretimi değeri analizleri BLB6 grubunun en yüksek organik madde sindirilebilirliği (%37,67), metabolize edilebilir enerji (5,69 MJ/kg KM), net enerji laktasyon (3,00 MJ/kg KM) ve in vitro gaz üretim değeri (25,03 ml/200 mg KM) ile ön plana çıktığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Aerobik stabilite, *Lactobacillus brevis*, *Triticum aestivum*, Silaj, İn vitro

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

EFFECTS OF *Lactobacillus brevis* STRAIN ON THE FERMENTATION PROFILE AEROBIC STABILITY AND DIGESTIBILITY OF WHEAT SILAGE

Can ASLAN

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY

Supervisor: Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK
Year: 2026 Pages: 53
Juries: Doç. Dr. Ayşe Gül FİLİK
Prof. Mehmet Ali BAL
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ÇAYAN

The aim of this study is to investigate the effects of *Lactobacillus brevis* strains (MF0987783) on the quality, microbiological characteristics, and aerobic stability of wheat silage (*Triticum aestivum*). In the study, wheat forage harvested at the dough stage and chopped into 2.5–3.5 cm pieces was arranged as a control group (BHSK) and experimental groups inoculated with three different concentrations of *L. brevis* strain: wheat forage silage inoculated with 10^6 cfu/kg *Lactobacillus brevis* (BLAB6), 10^8 cfu/kg *Lactobacillus brevis* (BLAB8), and 10^9 cfu/kg *Lactobacillus brevis* (BLAB9). The materials were fermented under anaerobic conditions. At the end of fermentation, chemical (crude protein, ADF, NDF), physical (temperature, pH, total soluble matter, clarity, redness, yellowness, total color difference, color hue angle, saturation), and microbiological (lactic acid bacteria, yeast, and mold counts) analyses were performed on the silage samples. In vitro gas production value analyses were performed and showed that the BLB6 group stood out with the highest organic matter digestibility (37.67%), metabolizable energy (5.69 MJ/kg DM), net energy lactation (3.00 MJ/kg DM) and in vitro gas production value (25.03 ml/200 mg DM).

Key Words: Aerobic stability, *Lactobacillus brevis*, *Triticum aestivum*, silage, In vitro

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3. 1. Yapay Tükürüğün Hazırlanmasında Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Miktarları	27
Tablo 4. 1. Buğday Hasılı Silajının Fiziksel Analizleri	31
Tablo 4. 2. Buğday Hasılı Silajının Besin Madde Analizleri.....	34
Tablo 4. 3. Buğday Hasılı Silajlarının Enerji Değerleri.....	35
Tablo 4. 4. Buğday Hasılı LB Silajlarının Nispi Yem Değeri ve Yem Kalitesi	36
Tablo 4. 5. Buğday Hasılı Silajlarının Açım Zamanındaki Mikroorganizma Sayım Sonuçları	37
Tablo 4. 6. Buğday Hasılı Silajlarının Aerobik Stabilite Sonrası pH ₂ , CO ₂ ve Mikroorganizma Sayım Sonuçları	38
Tablo 4. 7. Buğday Hasılı Silajının İn Vitro Gaz Üretim Tekniğı ile 24 Saatte Ölçülen Toplam Gaz Miktarı	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. ANKOMRF Gaz Üretim Sisteminde Şişelerin Modül Başlıkları	29
Şekil 1.2. ANKOMRF gaz üretim sisteminde verilerin kaydedildiği sisteme bağlı bilgisayar	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>cfu</i>	: Colony Forming Unit
<i>g</i>	: Gram
<i>kob</i>	: Koloni Oluşturan Birim
<i>L</i>	: Litre
<i>mL</i>	: Mililitre
<i>°C</i>	: Santigrat Derece

Kısaltmalar	Açıklama
ADF	: Asit Deterjan Lifi
BHK	: Buğday Hasılı Kontrol
HP	: Ham Protein
HS	: Ham Selüloz
HY	: Ham Yağ
IVOMS	: İn Vitro Organik Madde Sindirilebilirliği
KM	: Kuru Madde
KMT	: Kuru Madde Tüketimi
LAB	: Laktik Asit Bakterisi
ME	: Metabolize Edilebilir Enerji
NDF	: Nötr Deterjan lifi
NE_L	: Net Enerji Laktasyon
NE_M	: Net Enerji Yaşama Payı
NE_G	: Net Enerji Verim Payı
NH₃-N	: Amonyak Azotu
NYD	: Nispi Yem Değeri
NYK	: Nispi Yem Kalitesi
OM	: Organik Madde
PBS	: Tampon Fosfatlı Salin
SE	: Sindirilebilir Enerji
SEM	: Standart Ortalama Hatası
SKM	: Sindirilebilir Kuru Madde
TÇM	: Toplam Çözünür Katı Madde

10⁶ BLAB6	:10 ⁶ kob/kg <i>Lactobacillus brevis</i> İnoküle Edilmiş Buğday Hasılı Silajı
10⁸ BLAB8	:10 ⁸ kob/kg <i>Lactobacillus brevis</i> İnoküle Edilmiş Buğday Hasılı Silajı
10⁹ BLAB9	:10 ⁹ kob/kg <i>Lactobacillus brevis</i> İnoküle Edilmiş Buğday Hasılı Silajı

1.GİRİŞ

Silaj yapımı, başlangıcı yaklaşık 3000 yıl önceye dayanan bir tarım yöntemidir (Wilkinson ve ark., 2003). Hayvancılıkta, silajın rolü hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılama noktasında hayati önem taşımaktadır. Silaj taze ot ve yeşil yem tedarikinin kısıtlandığı kış ayları boyunca; kaliteli kaba yem alımının devamlılığına olanak tanıyarak büyük bir kolaylık sunmaktadır. Silaj, besin içeriğini koruma yeteneği sayesinde, hayvanların sağlığını desteklemekte ve üretkenlik seviyesine katkı sağlamaktadır. (Başaran ve ark., 2018). Ayrıca, hayvanlar açısından silaj, yemin bazı süreçlerin kullanılarak korunması şeklinde de tanımlanmaktadır (Avila ve Carvalho., 2020). Silolama, karmaşık mikrobiyal etkileşimleri içeren doğal koruma sürecidir. Silolama sürecinde yer alan mikroorganizmaların ekolojisinin karakterizasyonu için önemli çaba gerekmektedir (McAllister ve ark., 2018).

Üstün nitelikli ve verimli silaj üretimi birçok faktöre bağlıdır. Silaj yönetimi, yem türü, nem konsantrasyonu, hasat ve silaj yapma yöntemleri, silaj katkı maddelerinin kullanımı gibi faktörleri kapsamaktadır (Mahanna ve Chase., 2003). Silaj fermentasyonunun değerlendirilmesinde, sıklıkla başvuru temel parametreler pH, kuru madde içerikleri ve çeşitli mikrobiyal popülasyon değerleridir (Kung ve ark., 2018). Ayrıca silaj, mikrobiyal aktiviteyi önleyen fermentasyon ve asitleştirme aracılığı ile yemi korumaktadır (Martinez ve ark. 2014). Silajdaki bu fermentasyonu etkileyen faktörler arasında; yemin solma derecesi, kesimi, silolama teknolojisi türü ve kullanılan diğer inokulantlar bulunmaktadır.

Buğdaygiller familyasından olan mısır (*Zea mays L.*), yüksek oranda karbonhidrat barındırması ve fermentasyona uygunluğu açısından çiftçilerin yaygın olarak seçtiği mahsullerden biridir (Albarran ve ark., 2012). İklimde meydana gelen değişimler ve bu bitki çeşitlerine alternatif yeni çeşitler aranması, özellikle suyun daha az kullanılması gibi faktörlerin ortaya çıkması sonucu, zorlu iklim şartlarına dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Becerril ve ark., 2018; Vega ve ark., 2021). Bu çeşitler arasında en çok yetiştirilen buğday bitkisi (*Triticum spp*) yer almaktadır (Vega ve ark., 2021). Buğday aynı zamanda geniş adaptasyon yeteneğine sahip olması, birçok ortamda yetiştirilebilmesi yaz ve kış aylarında ekilebilir olması açısından da önemlidir (Hernandez ve ark., 2015).

Günümüzde buğday, besin kaynağı olarak insan tüketiminde ve hayvanların beslenmesinde hayati bir öneme sahiptir. Buğday, yüksek adaptasyon yeteneği ve düşük su gereksinimi gibi özelliklerinin yanı sıra, protein, karbonhidrat ve lif bakımından zengin içeriği sayesinde, özellikle hayvancılık sektöründe sıkça kullanılan bir üründür (Atak, 2017). Buğday (*Triticum aestivum L.*), dünyanın büyük bir bölümünde yetiştirilen temel tarım ürünlerindedir. Besin içeriği bakımından zengin olması nedeniyle, özellikle yüksek verimli laktasyon dönemindeki inekler ve etçi sığır ırkları için üst düzey bir yem bitkisi olarak kullanılabilir. Ayrıca, buğday besin değerleri açısından mısır silajına en güçlü alternatifi oluşturmaktadır (Xie, 2012).

Silajın fermentasyonunda, suda çözünür karbonhidrat (WSC), laktik asit bakterileri aracılığı ile organik aside dönüştürülerek pH'ı düşürmekte ve yemi korumaktadır (Broberg ve ark., 2007). Silajdaki nem ve suda çözünür karbonhidrat silaj kalitesini etkileyen önemli unsurların başında gelmektedir (Zi ve ark., 2022).

Silajlarda mikrobiyal popülasyonunun gelişimi açısından laktik asit bakterilerinin kullanımı yapılan çalışmalarda kanıtlanmış olup, özellikle son yıllarda laktik asit bakterisi içeren inokulantların kullanımı yaygınlaşmıştır (Pahlow, 1990). Ayrıca, silolama sürecinde besin madde kayıplarının azaltılması açısından bakteriyel inokulant kullanımı önem taşımaktadır (Medeiros ve ark., 2022).

Silaj; mikrobiyal ve metabolik süreçleri ortaya koyan bir ekosistemi temsil etmektedir (McAllister ve ark., 2018). Ekosistem içerisinde, *Lactobacillus* çeşitleri fermentasyonu, aerobik stabiliteyi artırmada ve mikroorganizmaları baskılamada önemli bir rol oynamaktadır (Mills ve ark., 2002). Silaj üretiminin esas olarak amacı; yemin besin değerini ve enerji içeriğini korumaktır. Silaj materyalinin fermentasyonu sırasında metabolik faaliyetler, aerobik bozulma ve oksidatif süreçler sonucunda besin maddesinde kayıplar meydana gelebilmektedir (Queiroz ve ark., 2018).

Laktik asit bakterileri, silajın fermentasyonu, aerobik stabilite ve hayvan performansı üzerinde önemli etkilere sahiptir. *Lactobacillus* türleri silajın besin kalitesinin korunması açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca *Lactobacillus* türleri istenmeyen sekonder fermentasyonları kontrol ederek silaj stabilitesine katkı sağlamaktadır (Contreras ve ark., 2012).

Silaj üretiminde yaygın olarak kullanılan bakteriyal inokulantlar, genellikle silajda doğal olarak bulunan *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* türlerine ait mikroorganizmaları içermektedir. İnokulantlar silajlanan materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre fermentasyon sürecinin istenilen şekilde ilerlemesine katkı sağlamakta bu durum silajın mikrobiyolojik kalitesi, stabilitesi, besin değeri gibi faktörlerini artırmaktadır (McDonald ve ark., 1991).

Silajın sindirilebilirliğine yönelik çalışmalarda; başlıca *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* ve *Pediococcus acidilactici* gibi türlerin silaj fermantasyonu üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu tespit edilmiş, bakteri türlerinin silajda kullanılmasının, silaj kalitesini yükseltmede ve yem kıtlığının hafifletilmesi açısından potansiyel alternatifler sunduğu anlaşılmıştır (Fierro ve ark., 2016).

Lactobacillus inokulantlarının silajda kullanımı, fermentasyon sürecini düzenleyerek, kuru madde (KM) kaybının önüne geçmektedir (Pot ve ark., 2019). Silaja LAB inoküle edilirken dikkat edilmesi gereken hususların başında; silajda yeterli miktarda suda çözünebilir karbonhidrat (WSC) bulunması, silajda nemin istenilen düzeyde olması hızlı bir fermentasyonu başlatmak açısından önemlidir (Gobbetti ve ark., 2005).

Son dönemde bazı LAB türlerinin silaj katkı maddesi olarak kullanımı silaj kalitesi üzerinde çeşitli etkiler gösterdiği görülmektedir (Yang ve ark., 2010; Li ve ark., 2016).

Laktik asit bakterileri, doğada yaygın ve çok sayıda alanda yer almaktadırlar. Bu bakteriler, fermentasyon yapılarına göre 2 gruba ayrılmaktadırlar (Axelsson, 1998; Basmacıoğlu ve Ergül, 2002). Bunlar; zorunlu homofermentatif veya fakültatif heterofermentatif laktik asit bakterileri ile zorunlu heterofermentatif laktik asit bakterileridir. Zorunlu homofermentatif LAB'leri heksozu laktik aside fermente etmektedirler. Bu gruptaki LAB suşları *L. plantarum*, *L. delbrueckii*, *L. Helveticus*, *L. lactis*, *L. bovis*, *L. acidophilus*' tur. Zorunlu heterofermentatif LAB türleri ise heksozu ve CO₂'yi etanole veya asetik aside fermente etmektedirler. Bu grupta; *L. brevis*, *L.buncheri*, *L.reuteri*, *L. fructivorans*, *L. fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides* bulunmaktadır.

Homofermentatif laktik asit bakterileri, glikoz ve diğer altı karbonlu şekerleri sadece laktik asit ürünüyle sonuçlandırırken, buna karşın heterofermentatif laktik asit

bakterileri fermentasyon sürecini laktik asitle birlikte asetik asit, karbondioksit ve etanol gibi ek ürünleri de içerecek şekilde gerçekleştirmektedir (Lynch ve ark., 2015).

Yapılan araştırmalarda, kuru maddesi düşük olan silajlarda heterofermentatif laktik asit bakterilerinin kullanımının önerildiği görülmüştür. Bu grup bakterilerin laktik asitle beraber aynı zamanda asetik asit de ürettiği için maya ve özellikle küf oluşumunu engellediği, bu durumun da silajın aerobik stabilitesine fayda sağladığı belirtilmiştir (Bağcık ve ark., 2023).

L. brevis, heterofermentatif özellikler taşıyan bir laktik asit bakterisi ve silaj üretiminde faydalanılan temel mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. Fermentasyon sırasında laktik asit haricinde asetik asit, karbondioksit ve etanol gibi yan ürünler de üretmekte olup silajdaki temel amacı; aerobik stabilitenin arttırılması ve silajın raf ömrünün uzatılması istenildiğinde kullanılmasıdır (Filya, 2003).

Mevcut literatürde, buğday hasılı silajına *L. brevis* inokulantı ilavesinin kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri ve mikrobiyolojik profili üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışma, buğday hasılı silajına *L. brevis* inokulantı ilave edilerek, silajın fermentasyon özellikleri, fiziksel ve kimyasal yapısı, yem değeri, aerobik stabilitesi ve in vitro besin maddesi sindirilebilirliği üzerindeki etkilerin belirlenmesini amaçlanmaktadır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Silaj üretiminde laktik asit bakterisi inokulantlarının kullanımı, fermantasyon sürecinin kontrol altına alınması ve yem kalitesinin iyileştirilmesi açısından önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Özkan ve Demirbağ (2016), bu inokulantların silaj fermentasyonunu düzenleyerek kalite parametrelerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Silajda yer alan suda çözünen karbonhidratları (WSC) hızla fermente eden laktik asit bakterileri, laktik asit üretimi ile ortam pH'sını kısa sürede düşürmektedir. Bu pH düşüşü silajda istenmeyen *Clostridia* ve *Enterobacteria* gibi mikroorganizmaların büyümesini engellemekte ve silajın bozulmasını önleyerek besin madde kaybını azaltmaktadır (AIMS Press, 2021).

Heterofermantatif laktik asit bakteri inokulantlarının kullanımı (*Lactobacillus buchneri* ve *Lactobacillus brevis*), laktik asit ile beraber etanol de üretmektedirler (Marquez ve ark., 2025). Asetik asit üretimi, aerobik stabiliteyi artırarak, silajın hava ile teması halinde oluşacak ısınma ve bozulmayı engellemektedir (AIMS Press, 2021).

İnokulant kullanımı, silajın besin içeriğini korunmasında yarar sağlamaktadır. Kontrollü fermantasyon, proteinlerin amonyak azotuna (NH₃-N) parçalanmasını azaltmakta, bu durum silajın ham protein içeriğinin daha yüksek kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, inokulantların hayvan yeminin sindirilebilirliğini ve enerji içeriğini artırdığı da gözlemlenmiştir (Nguyen ve ark., 2020). Yüksek kalitede silaj üretiminde fermantasyon sürecinin optimizasyonu, laktik asit bakterileri (LAB) bazlı inokulantların kullanımıyla doğrudan ilişkili olup, katkı maddeleri, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini baskılayarak, silajın besin değerini ve aerobik stabilitesini artırmakta, böylece hayvan sağlığı ve verimliliği üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır (Juracek ve ark., 2022).

Bu bölümde genel olarak heterofermantatif laktik asit bakterileri, diğer laktik asit bakterileri ve bunların farklı bitkisel materyallerde silaj inokulantı olarak kullanımına dair araştırmalar özetlenmiştir.

Sucu ve Filya (2006), buğday silajında laktik asit bakterisi (LAB) inokulantlarının etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, fermentasyon özellikleri, aerobik stabilite ve rumen parametrelerini belirlemek amacıyla kontrol grubu ikiye ayrılmış; ilk gruba *Lactobacillus plantarum* ve *Enterococcus faecium*, ikinci gruba ise *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* ve *Streptococcus faecium* inoküle edilmiştir.

İnokulantlar silaja $1,5 \times 10^6$ cfu/g seviyesinde eklenmişlerdir. Silaj grupları 3 gruba ayrılarak 50 gün boyunca silolanmışlardır. Silolama döneminde silajlar, aerobik stabilite açısından beş gün süreyle teste tabi tutulmuştur.

Buğday silajı üzerine yapılan analizler sonucunda; Kontrol (K), İnokulant A (IA) ve İnokulant B (IB) gruplarının kuru madde (KM) içerikleri %35,2-35,5 aralığında benzer bulunurken, inokulant kullanımının silaj pH değerini 4,4'ten 3,7 seviyesine düşürerek fermantasyon kalitesini artırdığı gözlemlenmiştir. İnokulant katkılı gruplarda suda çözünür karbonhidrat (SCK), ham protein ve ham kül değerleri kontrol grubuna oranla daha yüksek seyretmiş, mikrobiyolojik analizlerde ise *Lactobacillus* sayılarının inokulant etkisiyle önemli ölçüde arttığı (K: 5,5; IA: 7,4; IB: 7,5 log cfu/g) tespit edilmiştir. Ancak, silolama aşamasındaki bu olumlu tabloya rağmen aerobik stabilite testlerinde; her iki inokulant grubunda da kontrol grubuna kıyasla daha yüksek pH, artan CO₂ üretimi ile daha yoğun maya ve küf gelişimi saptanmış, bu durum laktik asit bakteri inokulantlarının buğday silajının hava ile temas sonrası dayanıklılığını (aerobik stabiliteyi) beklenenin aksine düşürdüğünü ortaya koymuştur.

Daniel ve ark. (2015), yaptıkları çalışmalarında; *Lactobacillus* DSM 19455 suşu ve *Lactobacillus brevis* DSM 23231 suşunun şeker kamışı silajının fermantasyonu ve aerobik stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın deneme gruplarını, kontrol grubu (K), 2×10^5 cfu/g, *Lactobacillus brevis* DSM 23231 (LB), 2×10^5 cfu/g seviyesinde *Lactobacillus* DSM 19455 (LK), 1×10^5 cfu/g *Lactobacillus brevis* DSM 23231 + 1×10^5 cfu/g *Lactobacillus* DSM 19455 (LB + LK) olacak şekilde düzenlenmişlerdir. Muamele edilen yemler laboratuvar silolarına doldurularak 75 gün boyunca depolanmışlardır. Elde edilen verilere göre muamele grupları besin madde kayıplarını %26 azaltmıştır. Silajların kuru madde (KM) içerikleri LB, LK, LB+LK sırası ile 283, 311, 303 ve 308 g/kg ($p < 0.01$) olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Silajda NDF_{om} değeri silajın içerisindeki sindirilemeyen lif miktarını göstermektedir. Bu değerler Kontrol(K), LB, LK ve LB+LK sırası ile; 690, 661 659, 661, olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.01$). Silajların ham protein (HP) değerleri sırası ile 39, 36, 37, 37 şeklinde olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.01$). Silajın pH değerleri sırası ile 3.84, 3.85, 3.86, 3.83 olup istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0.05$). Silajdaki aerobik stabilite sonrası pH değerleri sırası ile 3.76, 4.37, 3.84, 4.83 olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.05$). Silajdaki laktik asit bakteri sayısı sırası ile 6.93, 5.31, 5.66, 5.56 olup istatistiksel olarak anlamlıdır. ($P < 0.01$). Silajdaki maya sayısı sırası ile 3.41, 4.75, 2.72, 4.97 olup

istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.01$). Silajdaki küf değerleri sırası ile 1.74, 1.62, 1.48, 1.48 olup istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0.05$). 2×10^5 cfu/g seviyesinde uygulanan *Lactobacillus* DSM ve *L. brevis* bakterileri, şeker kamışı silajlarının fermantasyonu sırasında uçucu organik bileşiklerin oluşumunu azaltmada ve besin maddesi kaybını düşürmede etkili olmuştur.

Romero ve ark. (2017) yaptıkları araştırmada; yulaf silajına *Lactobacillus buchneri* ve *Pediococcus pentosaceus* ekleyerek ve iki farklı silo kullanarak inokulantın yalnızca plastik kova siloları kullanılarak mikrobiyal yapısı üzerinde çalışma yapmak istemiştir. Bunun için tarlanın 6 farklı yerinden yulaf hasadı yapılmış ve 19 litrelik torbalara konularak 217 gün boyunca muhafaza edilmiştir. *Lactobacillus buchneri* ve *Pediococcus pentosaceus* silaja eklenen laktik asit bakterileri sırası ile 4×10^5 ve 1×10^5 cfu/g taze yulaf içermektedir. 217. gün sonucunda açılan siloda bazı farklılıklar görülmüştür. Bu farklılıklar; ham protein %7,73'ten %7.04'e, etanol %1,93'ten %1.55'e düşerken, laktik asit %3,65'ten %4.28'e yükselmiştir. Ayrıca; kontrol grubunda vakumlu torbalarda hazırlanan silajlarda, plastik kovalarda hazırlanan silajlara göre suda çözünür karbonhidrat (WSC), ve küf sayılarında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Buna göre, WSC oranı %2,70'ten %1,78'e, küf sayısı ise 2.82'den 0.8 log cfu/g'a düşmüştür. İnokulant ilave edilen gruplarda elde edilen değerlerin (~1.53 ve 1.55) literatürde öngörülen standart aralıklarla uyumluluk göstermediği saptanmıştır. İnokulant uygulaması, yulaf silajındaki NDF, ADF, etanol ve maya sayısını azaltarak kaliteyi iyileştirmiş olmakla beraber, silolama sırasında *Lactobacillaceae* bakterilerinin oranını artırıp *Leuconostocaceae*'yi azaltarak mikrobiyal yapıda olumlu bir etki yaratmıştır. Her iki silo tipinin de bu etkileri belirlemek için karşılaştırılabilir olduğu görülmüştür. Laktik asit bakterileri, yulaf silajının kalitesini artırmaya yardımcı olmuştur.

Xu ve ark. (2017) yaptıkları bir araştırmada; *Lactobacillus brevis* SDMCC050297 ve *Lactobacillus parafarraginis* SDMCC050300 suşları, mısır sapı silajına laboratuvar silolarında inokulant olarak uygulamışlardır. İnoküle edilen silajlarda, fermantasyonun başlangıç aşamasında pH değeri keskin bir şekilde azalmıştır. Silolanmanın 20. gününden sonra, inokülasyon uygulaması yapılan silajlarda laktik asit içeriğinde azalma olup asetik asit ve 1,2-propandiol içeriğinde ise artış gözlemlenmiştir. Silolanmanın 20. gününden önce *L. brevis* silajda baskın hale gelmiş, daha sonra silolanmanın son aşamasına kadar baskınlık *L. parafarraginis*'e geçmiştir. Sonuç olarak, seçilen bu iki suşun silaj kalitesini

iyileştirme ve tekrarlanabilir bir silajlama süreci sağlama yeteneğine sahip olduğu, silaj inokulantı olarak potansiyel taşıdığı belirlenmiştir.

Markovic ve ark. (2018), adi fiğ ve yulaf karışımı silajlarında bakteriyel inokulant kullanımının ve farklı tohum ekim oranlarının silaj kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada silajları dört farklı gruba ayırarak yürütmüşlerdir. Adi fiğ – yulaf karışım deneyleri beş farklı ortamda ekilmiştir. Çalışmada; karışımdaki adi fiğ ve yulafın ekim oranı ve bakteriyel inokulant uygulamaları esas alınmıştır. Silajlarda pH, kuru madde, NH₃-N, çözünen azot ve organik asitler (laktik, bütirik ve asetik) belirlenmiştir. Silaj kalitesinin sınıflandırılmasında, Almanya Tarım Topluluğu (Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft - DLG) tarafından geliştirilen kalite puanlama sistemi DLG anahtarı kullanılmıştır. DLG; silaj kalitesi sınıflandırma yöntemi, silajın fermantasyon kalitesini ve besin değerini değerlendirmek için kullanılan standart bir sistemdir. Bu yöntem, sadece pH gibi tek bir değere bakmak yerine, silajın mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin bir kombinasyonunu değerlendirerek daha kapsamlı bir kalite analizi sunmaktadır (DLG, 2006).

Adi fiğ ve yulaf, Sırbistan'ın Kruševac kentinde yer alan Yem Bitkileri Enstitüsü deneme alanında ikili karışım halinde yetiştirilmiştir. Deneme, beş uygulama grubunu kapsayacak şekilde düzenlenmiş olup; saf adi fiğ, saf yulaf ve %25:75, %50:50 ve %75:25 oranlarında adi fiğ–yulaf karışımlarından oluşmaktadır. Bakteriyel inokulant uygulaması, daha yüksek amonyak azotu ve asetik asit içeriklerine yol açmış ($p<0.05$), buna karşın çözünen azot içeriğini düşürmüştür ($p<0.05$). Farklı ekim oranları değerlendirildiğinde, %75 fiğ ve %25 yulaf oranı ile hazırlanan silajın, en yüksek laktik asit ve en düşük bütirik asit içeriğini sunduğu tespit edilmiştir. Silaj örneklerinde; karışımındaki adi fiğ ve yulafın ekim oranına bağlı olarak, kuru madde içeriği değişiklik göstermiştir. Saf adi fiğ silajında 307.2 g kg⁻¹ olan bu değer, saf yulaf silajında 318.5 g kg⁻¹e kadar yükselmiştir. Silajdaki pH değer aralıkları 4.27- 4.54 aralığında olup amonyak azotu içeriği %16,1- 19.1 aralığında olduğu görülmüştür. DLG yöntemine göre silaj kalite değerlendirmesinde benzer kalite derecelerine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmanın neticesinde, silajların laktik asit bakteri inokulantı eklenerek veya eklenmeksizin başarılı bir şekilde silajlanabileceği tespit edilmiştir.

Soundharrajan ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, farklı nem seviyelerinde tritikale silajı fermentasyonunu önemli ölçüde etkileyebilecek güçlü laktik

asit bakterilerinin tanımlanması ile bu bakterilerin antibakteriyel aktiviteleri ve yüksek probiyotik potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, fermente edilmiş tritikale silajından *Pediococcus pentosaceus* (TC48) ve *Lactobacillus brevis* (TC50) izole edilmiştir. Güney Kore'nin Jangsoo bölgesinden tritikale otları toplanmış, Laktik asit bakterilerinin izolasyonu için numuneler aseptik koşullarda laboratuvara getirilmiştir. Bir gramlık numune, 10 mL distile suda çözülmüş olup, 30 dakika boyunca 150 rpm hızla döner çalkalayıcıda tutulmuştur. Daha sonra, on katlı seri seyreltmeler yapılmıştır. İzolasyon sürecinde, on katlı seri seyreltmeyi takiben MRS agar besiyerinde 72 saatlik inkübasyon (30°C) uygulanmış ve gelişen koloniler saflaştırılmıştır. Laktik asit bakterilerinin (LAB) doğrulanması amacıyla BCP agar besiyeri kullanılmış; elde edilen saf kültürler santrifüj (4000 G, 30 dk) ve PBS yıkama işlemlerinden geçirilmiştir. Son aşamada, Quantum Tx Mikrobiyal hücre sayacı ve boyama kiti aracılığıyla toplam hücre sayıları belirlenerek analizler tamamlanmıştır. Bir sonraki adımda çözeltiye sekiz mikrolitre hücre yükleme tamponu eklenmiş ve baloncuk oluşmamasına dikkat edilerek iyice karıştırmıştır. Hazırlanan örnekten altı mikrolitre, Quantom M50 hücre sayım lamına yüklenmiş, 300 G hızda 10 dakikalık santrifüj işlemine tabi tutulmuş ve bakteriler sayılmıştır.

Çalışmada kullanılan Tritikale örnekleri Güney Kore'nin Jangsoo bölgesinden temin edilmiş ve aseptik koşullarda steril distile su kullanılarak farklı nem içeriklerinde (%40, %50, %60 ve %70) numuneler hazırlanmıştır. Farklı nem seviyelerindeki her bir numunenin yüz gramı, 28 × 36 cm boyutundaki polietilen torbalara konulmuş ve her biri üçer tekrardan oluşan dört gruba ayrılmıştır. Deneme grupları; Grup I: Aşılama içermeyen kontrol grubu, Grup II: Kontrol grubu, Grup III: Farklı nem seviyelerinde laktik asit bakterileri ile işlem görmüş numuneler, Grup IV: Standart laktik asit bakterileri (KACC91961P) ile işlem görmüş numuneler olacak şekilde oluşturulmuştur. Grup I ve Grup II'deki numuneler sadece PBS ile işlem görmüştür. Grup III'teki numunelere 1×10^5 laktik asit bakterileri ilave edilmiştir. Grup IV' teki numuneler ise ticari laktik asit bakterileri (KACC91961P) ile işlem görmüş ve ardından torbaların içindeki hava vakumlu kapatici kullanılarak boşaltılmıştır. Toplamda 210 torba hazırlanmış ve 30 gün boyunca laboratuvarında oda sıcaklığında (25-28 °C aralığında) saklanmıştır. Fermantasyonun ardından torbalar daha ileri analizler için açılmıştır. Sonuç olarak; tüm yeni suşlar, farklı nem koşullarında tritikale silajı fermantasyonu üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Ancak, özellikle *Pediococcus pentosaceus* (TC48) ve *Lactobacillus brevis*

(TC50) suşlarının eklenmesi, test edilen tüm parametreler üzerinde olumlu bir etki yaratarak silajın özelliklerini değiştirmiştir. Bu suşlar, özellikle laktik asit üretimini artırırken, asetik asit ve bütirik asit gibi istenmeyen maddelerin miktarını çok düşük seviyede tutmuştur. Ayrıca, bu suşların eklenmesi silajın pH değerini düşürerek fermantasyon sırasında istenmeyen mikrobiyal büyümeyi engellemiş ve yüksek probiyotik özellikleri ile güçlü antibakteriyel aktiviteye sebep olmuştur. Bu sonuçlar, ticari inokulantlardan daha iyi bir silaj kalitesi elde edilmesini sağlamıştır.

Silva ve ark. (2020) yaptığı çalışmada; tropikal bir bölgede üretilen yonca silajından yabancı laktik asit bakterisi suşlarını izole etmeyi, karakterize etmeyi ve tanımlamayı amaçlamıştır. Çalışmada; yabancı LAB suşlarının yonca silajının besin ve fermantasyon özelliklerine olan etkilerini araştırmayı hedeflemiştir. Deneme, 4×2 faktöriyel düzende (dört aşılama \times iki hasat olmak) 4 tekrarlı olacak şekilde tamamen rastgele bir tasarıma göre yürütülmüştür. Çalışmada; Kontrol, *L.pentosus*, *L.pentotus* + *L.brevis* + *P.acidilactici* ve ticari inokulant Sill All 4×4 şeklinde kullanılmıştır. Yonca silajı 7 kg'lık 10 litrelik kovalara konularak silolanmış olunup, 90 gün sonunda açılmıştır. Toplamda 77 suş izole edilmiştir. *Pediococcus*, *Lactobacillus* ve *Weissella* %52,0, %24,7 ve %20,8'ini oluşturmuştur. İlk hasat için; *L. pentosus* + *Lactobacillus brevis* + *Pediococcus acidilactici* (Combo), 4 ticari aşılama ve tüm aşılama silajlar sırasıyla ADF, NDF, amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) değerlerini göstermiştir. *Lactobacillus pentosus* ile fermente edilen silaj, ikinci hasatta daha yüksek suda çözünür karbonhidrat (WSC) içeriğine sahip olduğu görülmüş, iki hasadın tamamında en düşük pH'ı göstermiştir. *Lactobacillus pentosus* suşu, yonca silajı üretimi için bir inokulant olarak potansiyel taşıdığı sonuçlarına varılmıştır.

Liao ve ark. (2025) yaptığı çalışmada; *Lactobacillus brevis* R-09'un *P. giganteum* silaj kalitesi, mikrobiyal yapısı ve metabolitleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çin'in, Honghe Hani ve Yi Özerk İli sınırları içindeki Mengzi şehrinde bulunan Niu Doduo Tarım Profesyonel Kooperatifi'nde *P. giganteum* bitkisi yetiştirilmiş ve hasat edilmiştir. Yaklaşık 2,5 metre yüksekliğe ulaşan olgun bitkiler, ilk kesim döngüsünde hasat edilmiş, ticari bir yem kıyıcı kullanılarak mekanik olarak 3 cm'lik parçalara ayrılmıştır. Kıyılan materyale, toplam taze ağırlığının %33'ü oranında pirinç kepeği eklenmiştir. Çalışmada iki farklı uygulama yapılmıştır. Bunlardan birinci gruba herhangi bir katkı maddesi ilavesi olmamıştır. İkinci gruba ise 1.5×10^7 CFU/kg oranında *L. brevis* R-09 inokulantı uygulanmıştır. Kontrol grubuna, eşdeğer hacimde damıtılmış

su verilmiştir. Maddeler homojenleştikten sonra her bir uygulama için üçer torba toplam 6 adet olacak şekilde hazırlanarak silaj balya makinesine sıkıştırılmıştır. Silolama işlemi ortam sıcaklığında 35 gün boyunca gerçekleştirilmiş olup, bu sürenin sonunda kapsamlı analizler için numuneler toplanmıştır. Çalışma besin madde içerikleri açısından incelendiğinde; 35 günlük silolama süreci sonucunda yapılan kimyasal analizler sonucunda silajlarda önemli değişiklikler olduğu saptanmıştır. İkinci gruba eklenmiş olan *L. brevis* uygulaması ile silajın ham lif ve pH değerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür ($P<0.01$). Ham yağ içeriğinde ise belirgin oranda bir artış görülmüştür ($P<0.01$). *L. brevis* eklenen gruptaki silajın rengi, *P. giganteum*'un orijinal rengine daha yakın olup, rahatsız edici keskin bir ekşi kokuya sahip değildir. Kontrol grubuna kıyasla, silajın daha yüksek kalitede olduğu gözlemlenmiştir. *Lactobacillus brevis* R-09'un silaj katkı maddesi olarak *Pennisetum giganteum*'a eklenmesi, ham yağ içeriğini artırırken, ham lif seviyelerini ve mikotoksin konsantrasyonlarını düşürmüştür. Bu durum, genel mikrobiyal çeşitliliği etkilemeden, mikrobiyal topluluğun daha homojen hale gelmesini sağlamıştır. Özellikle küflerin çoğalmasını ve ekolojik etkilerini seçici olarak azaltmıştır. Metabolik analizler, fermentasyon düzeyinin daha kontrollü olduğunu göstermiştir. *L. brevis* R-09'un, *P. giganteum* silajının fermentasyon kalitesini ve besin değerini iyileştirmede etkili bir silaj katkı maddesi olma potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır.

Çayıroğlu (2025) farklı düzeylerde *L. brevis* inokulasyonu ile hazırlanan yulaf silajlarının; fiziksel ve kimyasal nitelikleri, aerobik stabilitesi, in vitro organik madde sindirilebilirliği ve enerji değerleri üzerindeki etkilerini irdelemiştir. Çalışmada 4 farklı grup kullanılmıştır. Araştırmada deneme grupları; yulaf kontrol (OC), 1×10^6 (Lb6), 1×10^8 (Lb8) ve 1×10^9 kob/kg kuru madde (Lb9) düzeylerinde *L. brevis* ile inokule edilen yulaf silajlarından oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada; silajlara *L. brevis* inokule edilmesi, silajın açılım anındaki laktik asit bakteri sayısını artırmış, pH değerini düşürmüştür. Ayrıca kontrol grubuna (OC) kıyasla inokule edilen silajlarda organik madde, ADF ve NDF içeriklerinin azaldığı görülmüş, kuru madde ve ham protein değerlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, *L. brevis* inokulasyonu silaj açıldıktan sonraki beşinci günde pH değerlerini ve maya sayısını düşürmüş, ancak CO₂ üretimi ve küf sayısı üzerinde etkili olmamıştır. İnokulasyon, silajın in vitro organik madde sindirilebilirliğini ve metabolize edilebilir enerji değerini etkilemediğini; ancak net enerji laktasyon değerini artırdığı görülmüştür. Sonuç olarak *L. brevis* suşları bağımsız olarak değerlendirildiğinde, 1×10^8

ve 1×10^9 cfu/kg kuru madde dozlarının yulaf silajına daha etkili katkı sağladığı ve bu dozlardan herhangi birinin tercih edilebileceği belirtilmiştir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1.Materyal

3.1.1.Silaj materyali

Araştırmada kullanılan silajlık buğday hasılı, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü uygulama ve araştırma alanından (Koordinatlar: 39.1286°K, 34.1078°D) temin edilmiştir. Silaj materyallerinin hazırlanması, silaj kurulumu ve tüm analiz süreçleri; aynı niversitenin Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü bünyesinde yer alan Hayvansal Biyoteknoloji ile Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.1.2 Silajların Hazırlanması

Hamur olum döneminde hasat edilen buğday hasılı bitkisi, deneme planına uygun olarak 2,5- 3,5 cm boyutlarında parçalanmıştır. Doğrama işlemine takiben, her bir plastik torbaya 1000 gram bitki materyali yerleştirilmiş ve üzerlerine turşudan izole edilen heterofermantatif *L. brevis* MF098783 suşu 1×10^6 kob/g, 1×10^8 kob/g ve 1×10^9 kob/g konsantrasyonlarında püskürtme yoluyla 10 mL inokule edilmiştir. Paketlerin hava tahliyesi Packtech PT-VKM-CPRO vakum cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Her grupta sekiz tekerrür olacak şekilde toplam 32 adet silaj rneği oluşturulmuştur. Hazırlanan rnekler, kontrollü laboratuvar koşullarında, karanlık ortamda ve $18.5 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 90 gün süreyle fermantasyona bırakılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1 Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri

Bu çalışmada, ev yapımı turşulardan izole edilen ve probiyotik potansiyele sahip heterofermantatif bir laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus brevis* MF098783 suşu, silaj katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Söz konusu inokulantın uygulama yöntemi ve oluşturulan deneme gruplarına ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur.

Buğday hasılı silajı + *L. brevis* 10^6 (BLAB6), 1000 gram buğday materyali 2 kg'lık plastik torbalara alınmış ve torba içerisindeki materyale 1×10^6 kob/g enjektör aracılığıyla 10 mL eklenmiştir.

Buğday hasılı silajı + *L. brevis* 10^8 (BLAB8), 1000 gram buğday materyali 2 kg'lık plastik torbalara konularak içerisine 1×10^8 kob/g enjektör aracılığı 10 mL eklenmiştir.

Buğday hasılı silajı + *L. brevis* 10⁹ (BLAB9), 1000 gram buğday materyali 2 kg'lık plastik torbalara alınmış ve torba içerisindeki materyale 1 x 10⁹ kob/g enjektör aracılığıyla 10 mL eklenmiştir.

İnokülasyonu takiben 90 günlük fermantasyon periyoduna bırakılan buğday hasılı silajı materyalleri, bu sürenin tamamlanmasıyla birlikte analiz edilmek üzere açılmıştır. 90 günlük inkübasyon süreci sonunda örneklerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş; buna ek olarak in vitro gaz üretim tekniği (IVGP) ile organik madde sindirilebilirlik kapasiteleri tayin edilmiştir.

3.2.2. Kimyasal Analizler

3.2.2.1. Kuru madde

Silaj örnekleri, darası alınmış alüminyum kaplarda 105 °C'deki bir etüvde 3,5 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra, örnekler etüvden alınarak desikatöre yerleştirilmiş ve oda sıcaklığına soğumaya bırakılmıştır. Ardından, örneklerin son tartımları yapılarak kuru örneğin ağırlığı, dara kütlesi eklenerek hesaplanmıştır. (AOAC, 1998). İşlem adımları aşağıda sunulmuştur.

$$\% \text{ Kuru Madde} = (C - A) \times 100 / B - A$$

A: Alüminyum kabın boş ağırlığı

B: Alüminyum kabın kütlesi ile başlangıç numunesi kütlesinin toplamı.

C: Kurutma prosedürü tamamlandıktan sonraki alüminyum kap ve yem numunesinin birleşik kütlesi.

3.2.2.2. Ham kül

Analiz amacıyla kurutulup öğütülerek hazırlanan örneklerden 5 g tartılarak, önceden kül fırınında stabil hale getirilip desikatörde soğutulmuş porselen krozelere yerleştirilmiştir. Yakma işlemi 550 °C sıcaklıkta 4,5- 5 saat süreyle gerçekleştirilmiş; bu süreçte tam oksidasyonun sağlanması ve karbonizasyonun önlenmesi amacıyla açık gri-beyaz renk elde edilene kadar titizlikle çalışılmıştır. Fırın sıcaklığı yaklaşık 100 °C'ye düştüğünde örnekler desikatöre aktarılarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve ardından yapılan son tartımlar ile dara kütlesi üzerinden ham kül miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 1998). Analiz aşamaları aşağıda detaylandırılmıştır:

$$\% \text{ Ham Kül} = (C - A) / B - A \times 100$$

A: Porselen krozenin boş kütlesi

B: Porselen kroze kütlesi ile başlangıç numunesi kütlesinin toplamı

C: Yakma prosedürü sonunda porselen krozenin ve elde edilen külün birleşik kütlesi

3.2.2.3. Ham yağ

Öğütülmüş örneklerden 0,5 g tartılarak XT4 Ankom filtre torbalarına yerleştirilmiştir. Filtre torbalarının ağızları ısı kontrollü bir mühürleme cihazı (Sealer) ile kapatıldıktan sonra Ankom Yağ Analiz Cihazı'na yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işleminde çözücü olarak hekzan kullanılarak örneklerdeki yağ içeriği uzaklaştırılmış ve ham yağ içeriği (%), işlem öncesi ve sonrası tartım farkları esas alınarak hesaplanmıştır (AOCS, 2005). Analiz aşamaları aşağıda detaylandırılmıştır:

$$\% \text{ Ham Yağ} = 100 \times (W_2 - W_3) / W_1$$

W₁: Analiz için kullanılan örnek ağırlığı (g)

W₂: Ekstraksiyon işleminden önce kurutulmuş örnek ve torba ağırlığı (g)

W₃: Ekstraksiyon işleminden sonra kurutulmuş örnek ve torba ağırlığı (g)

3.2.2.4. Ham protein

Silaj örnekleri, 1 mm'lik elekten geçirilerek öğütülmüştür. Öğütme işleminin ardından, yaklaşık 1 g silaj materyali Kjeldahl tüpüne aktarılmıştır. Yakma işlemini hızlandırmak amacıyla her tüpe iki adet katalizör tableti ilave edilmiştir. Derişik (sülfürik asit), bir dispenser yardımıyla 12,5 mL eklenmiştir. Bu aşamada, tüpün iç çeperine yapışan partiküllerin asit ile etkileşime girerek tüp tabanına inmesini sağlamak amacıyla, tüpler hafif bir eğimle yavaşça döndürülerek çeper yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Analiz sırasında, deneme kontrolü olarak yem materyali eklenmeden yalnızca kullanılan kimyasallarla "kör çalışma" yapılmıştır. Köpürme ve taşmayı önlemek amacıyla, Kjeldahl tüpleri 200 °C'de 15-20 dakika ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemin ardından, 380 °C'de 45-60 dakika süren yağ yakma işlemi gerçekleştirilmiştir (Velp DK 8 Yakma Ünitesi).

Kjeldahl yakma işleminin tamamlanmasının ardından tüpler soğumaya bırakılmış, eş zamanlı olarak damıtma cihazı için hazırlık yapılmıştır. 300 mL hacimli, geniş ağızlı bir erlenmeyer kabına 50 mL hacminde %2 borik asit çözeltisi ile birlikte 3-4 damla indikatör eklenerek, Velp UDK 149 Kjeldahl Azot Protein Analizörü'nün soğutucu çıkışının hemen altına yerleştirilmiştir.

Distilasyon ünitesine yerleştirilen Kjeldahl tüplerine önce 50 mL saf su, ardından alkalizasyonu sağlamak amacıyla 75 mL %40'lık sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ilave edilerek damıtma işlemi başlatılmıştır. Amonyagın, borik asit ile reaksiyona girerek amonyum borat kompleksini oluşturmuş olması ile bu reaksiyon sonucunda çözeltinin rengi bordodan yeşile dönmüştür. Distilasyon işlemi, toplama kabında yaklaşık 150–200 mL destilat birikinceye kadar sürdürülmüştür.

Distilasyonun sona ermesiyle birlikte, erlenmeyer kapları üniteden alınmış ve 0.1 N HCl kullanılarak, çözeltinin yeşil rengi açık pembe renge dönene kadar titrasyon işlemi yapılmıştır. Titrasyon işlemi için harcanan HCl miktarı kaydedilerek, % ham protein içeriği AOAC (1998) aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\% \text{ HP} = K \times V \times N \times \text{FHCl} / M \times 1000 \times \text{fp} \times 100$$

K: 14.007 Azotun atomik kütlesi

V: Harcanan HCl hacmi (mL)

N: HCl'nin normalite değeri (0,1)

fHCl: 0.1 N HCl'nin düzeltme faktörü

fp: Proteine dönüştürme faktörü (6.25)

M: Deney için tartılan numune miktarı (g cinsinden)

3.2.2.5. ADF, NDF, Ham Selüloz

Kuru madde analizi tamamlanmış örneklerden 0,5 g tartılarak F57 Ankom filtre torbalarına yerleştirilmiş ve torba ağızları ısı kontrollü bir mühürleme cihazı (Sealer) ile kapatılmıştır. Hazırlanan torbalar Ankom Fiber Analiz Cihazı'na yerleştirilerek uygun kimyasal çözeltilerle ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Örneklerin nötr deterjan lifi (%NDF), asit deterjan lifi (%ADF) ve ham selüloz içerikleri, Van Soest ve ark. (1991) tarafından belirtilen prensipler doğrultusunda tayin edilmiştir.

ADF analizi için F57 Ankom lif torbaları kullanılmış, bu torbalar asitlere karşı dayanıklılık gösteren bir işaretleyici ile etiketlenerek her birine yaklaşık 0.5 g numune ilave edilmiştir. Numune içeren torbalar ile kör numune için tartılan boş torba, bir mühürleme makinesi aracılığıyla ağızları kapatıldıktan sonra, ANKOM Fiber Analyzer A 2001 cihazının raflarına dizilmiştir.

Analiz süreci, sülfürik asit içerisinde çözündürülmüş FAD20C reaktifi içeren ADF çözeltisinin sisteme ilave edilmesi ve cihazın 60 dakika süreyle asit sindirimi modunda çalıştırılmasıyla başlatılmıştır. Reaksiyon süresinin tamamlanmasını takiben atık çözelti tahliye edilmiştir. Durulama aşamasında; numune raflarını tamamen kaplayacak seviyede 80- 90 °C sıcaklıktaki saf su sisteme eklenmiş ve 5 dakika boyunca karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yıkama prosedürü ardışık olarak iki kez tekrarlanmıştır. Yıkama işleminin ardından torbaların sistemden güvenli bir şekilde tahliyesi için ortama oda sıcaklığında su ilave edilmiştir. Cihazdan alınan ve fazla suyu mekanik olarak uzaklaştırılan torbalar, 250 mL'lik beherlere yerleştirilerek üzerlerini tamamen örtecek miktarda aseton ile 3 dakika süreyle dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur.

Torbalar, laboratuvar ortamında belirli bir süre tutulduktan sonra, 105°C sıcaklıktaki etüvde 2 ile 4 saat arasında kurutulmuştur. Bu kurutma prosedürünün ardından, numuneler desikatöre alınarak oda ısısına gelmeleri beklenmiş, sonrasında tartım işlemi tamamlanmış ve çıkan sonuçlar kaydedilmiştir (Van Soest ve ark., 1991).

Nötr deterjan lifi (NDF) analizi için örnekler, asit deterjan lifi (ADF) protokolüne uygun şekilde hazırlanarak sisteme yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon sürecinde; saf su içerisinde çözündürülmüş FND20C reaktifine ek olarak, nişastanın uzaklaştırılması ve protein filtrasyonunun kolaylaştırılması amacıyla trietilen glikol, sodyum sülfid (Na_2SO_3) ve ısıya dayanıklı alfa-amilaz enzimini içeren spesifik bir NDF çözeltisi kullanılmıştır.

Örnek ve çözeltinin cihaza konulmasına takiben, ekstraksiyon süreci 75 dakika boyunca sürdürülmüş ve sürenin tamamlanmasıyla birlikte atık çözelti tahliye edilmiştir. Bu aşamanın bitiminde, torba raflarını kaplayacak seviyede 80 – 90°C sıcak su eklenerek cihaz yalnızca karıştırma modunda 5 dakika çalıştırılmıştır. İşlem toplamda iki kez olmak üzere tekrar edilmiştir. Filtre torbalarının sistemden güvenli bir şekilde tahliyesi için ortama oda sıcaklığında su ilave edilmiştir. Cihazdan alınan ve fazla suyu mekanik olarak uzaklaştırılan torbalar, 250 mL'lik beherlere yerleştirilerek üzerlerini tamamen örtecek miktarda aseton içerisinde 3 dakika süreyle dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur.

Aseton ile dehidrasyonu sağlanan filtre torbaları, oda koşullarında solventin tamamen uzaklaştırılması için bekletildikten sonra, 105 °C sıcaklıktaki etüvde 2–4 saat süreyle sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından örnekler, desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğuma sürecini takiben hassas

tartımları gerçekleştirilen örneklerin verileri kayıt altına alınmış ve NDF içerikleri hesaplanmıştır (Van Soest ve ark., 1991).

Nötr Deterjan Lifi (NDF) yüzdesi, kuru madde bazında aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

W_1 : F57 Ankom lif torbasının darası (g)

W_2 : Örnek ağırlığı (g)

W_3 : Kurutma işleminin ardından elde edilen numune ve torbanın toplam kütlesi (g)

C_1 : Kurutma işlemi bittikten sonra boş torbanın ağırlığı (g)

F57 Ankom lif torbaları (ham selüloz analizi için) asitlere dirençli bir kalemle numaralandırılmıştır. Bu torbaların daraları alınmış ve her birine 0,5 gramlık numune ilave edilmiştir. Örnek içeren torbalar ve kör örnek için kullanılan boş torbanın ağızları bir Sealer cihazı ile kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler, katlı torba raflarına yerleştirilerek cihaza konulmuştur. Cihaza 0.255 ± 0.005 normallilik H_2SO_4 eklenip kapatma mekanizması hava almayacak şekilde kapatılmış ve cihaz 40 dakika boyunca çalıştırılmıştır. İşlem süresi dolduktan hemen sonra, çözelti cihazdan uzaklaştırılmıştır. Daha sonraki aşamada, torbaları kaplayacak seviyede 80- 90 °C sıcak su eklenerek cihaz sadece karıştırma modunda 5 dakika çalıştırılmıştır.

Asit çözeltisi ile yapılan işlemler, 0.313 ± 0.005 N' lik NaOH için de yinelenmiştir. İşlem sonunda hassasiyetle çıkarılan torbalar yumuşak bir şekilde sıkıştırma işlemine tabi tutulmuştur. 250 mL'lik bir behere yerleştirilen torbaların üzeri aseton ile kaplanarak üç dakika boyunca muhafaza edilmiştir.

Laboratuvar şartlarında belirli bir bekleme periyodu geçiren torbalar tartıldıktan sonra önceden kurutulmuş ve darası alınmış krozelerin içine yerleştirilmiştir. Krozeler, 105 °C'deki etüvde 2- 4 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından krozeler nemsiz ortam içerisine yerleştirilerek ortam sıcaklığına inene kadar bekletilmiş olup tartım işlemi yapılmıştır. Elde edilen veri A_1 (torba + lif + kroze) olarak kaydedilmiştir. Daha sonra, krozeler içindeki torbalarla birlikte 600 ± 15 °C' deki kül fırınında iki saatlik bir süre zarfında yakılmıştır. Bu işlemin ardından nemsiz ortamda ortam sıcaklığına inmesi sağlanmış, tekrar tartılarak kayıt altına alınmıştır. Organik madde ek olarak belirlenmiş, miktarı, W_3 olarak not edilmiştir (Van Soest ve ark., 1991).

Ham selüloz analizi; buğday hasılı silajının yapısında bulunan ve sindirilebilirliği düşük olan yapısal karbonhidratların (selüloz, hemiselüloz ve lignin) miktarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

$$\text{Ham selüloz (\%)} = 100 \times [W_3 - (W_1 \times C_1)] / W_2$$

W_1 = F57 Ankom fiber torbanın boş kütlesi gram

W_2 = Numunenin başlangıç kütlesi

W_3 = Organik bileşen kütlesi (gram)

C_1 = Kül değeri üzerinden düzeltilmiş olan düzeltme katsayısı

3.2.2.6. Toplam çözünebilir maddeler

Toplam çözünebilir maddeler; Suda Çözünebilir Karbonhidratlar (SÇK): Başta glikoz, fruktoz ve sakkaroz olmak üzere fermente edilebilir şekerler, Organik Asitler: Fermantasyon süreci sonunda oluşan laktik, asetik ve bütirik asitler, Çözünebilir Azotlu Bileşikler: Serbest amino asitler, peptitler ve amonyak azotu gibi protein olmayan azotlu bileşikler (NPN), Mineral Maddeler ve Vitaminler: Suda çözünme özelliğine sahip makro-mikro mineraller ile suda çözünen vitaminler olmak üzerine adlandırılmaktadır.

Silaj örneklerinin suda çözünebilir toplam kuru madde içeriği, oda sıcaklığında, 0.2 Brix hassasiyete sahip dijital bir refraktometre kullanılarak tayin edilmiştir. Ölçüm aşamasında; mekanik bir pres (sarımsak ezeceği) yardımıyla ekstre edilen birkaç damla silaj suyu, refraktometrenin optik cam yüzeyine damlatılmıştır. Okunan değerler yüzde Brix (%) birimiyle kayıt altına alınmıştır (Singh ve ark., 2020; Filik ve Filik, 2021).

3.2.2.7. Aerobik stabilite

Fermantasyon periyodu sonunda açılan silaj örnekleri, aerobik stabilite düzeylerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında beş günlük bir stabilite testine tabi tutulmuştur (Ashbell ve ark., 1991). Bu inkübasyon süreci sonunda, örneklerin aerobik bozulma derecelerini yansıtan pH değerleri, mikrobiyal solunum sonucu açığa çıkan karbondioksit miktarları ile maya ve küf popülasyon yoğunlukları saptanarak kayıt altına alınmıştır.

Aerobik stabilite analizleri için gerekli olan deney düzeneği, kontrollü laboratuvar koşullarında şu protokol izlenerek tesis edilmiştir.

Aerobik stabilite ölçümleri için 1,5 L hacime sahip polietilen şişelerin kapak ve taban kısımlarında, oksijen sirkülasyonunu ve gaz transferini sağlamak amacıyla 1 cm çapında delikler açılmıştır. Hazırlanan her bir düzeneğe 250 g silaj materyali yerleştirilmiştir. Ardından bu şişeler, içerisinde mikrobiyal solunum sonucu açığa çıkan CO₂ gazını absorbe etmek üzere 100 mL hacminde %25'lik potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi barındıran cam beherlerin içine, kapak kısımları alt yöne bakacak şekilde dikey olarak konumlandırılmıştır. Deney düzeneği, beş günlük inkübasyon periyodu boyunca kontrollü laboratuvar sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Beş günlük test süresi sonunda, aerobik aktivite sonucu açığa çıkan CO₂ gazının KOH çözeltisi tarafından tutulması prensibine dayanarak ölçüm yapılmıştır. Bu amaçla, her beherin içindeki KOH çözeltisinden 10 mL miktarında sıvı alınmış ve elektronik titrasyon cihazı kullanılarak 1 N HCl çözeltisi ile titre (sıvıda erimiş olan bir cismin miktarının belirlenmesi) edilmiştir. Titrasyon işlemi sırasında pH'nın önce 8.1'e, ardından 3.6 düzeyine getirilmesi sonrasında, bu iki ölçüm arasında kullanılan hidroklorik asit miktarı kayıt altına alınmıştır. Bu verilerle silajların CO₂ oluşum hacmi belirlenmiştir.

$$CO_2 = 0.044 * T * V / [A * TM * KM]$$

T= titrasyon sürecinde harcanan 1 Normal hidroklorik asit hacmi (mL)

V= %25'lik potasyum hidroksit solüsyonunun toplam hacmi (mL)

A= beherglasa eklenen potasyum hidroksit çözeltisinin hacmi (mL)

TM= silaj numunesinin kütlesi (kg)

KM= silaj numunesinin kuru madde içeriği (g/kg) şeklinde hesaplanmıştır.

3.2.2.8. Hesaplama İle Belirlenen Parametreler

Toplam Karbonhidrat (TK, g/kg KM):

$$TK = 100 - (HP + HY + HK)$$

Hemiselüloz (g/kg KM):

Hemiselüloz, bir yem maddesinin Nötr Deterjan Lifi ve Asit Deterjan Lifi içerikleri arasındaki fark alınarak bulunur.

$$\text{Hemiselüloz} = \text{NDF} - \text{ADF}$$

Nötr Deterjan Lifi: Yemin toplam lif içeriğini temsil etmektedir (Hemiselüloz, selüloz ve lignin)

Asit Deterjan Lifi: Yemin daha az sindirilebilir içeriğini temsil etmektedir (Selüloz ve lignin).

Nitrojen içermeyen ekstrakt: Kuru maddenin ağırlığından protein, ham kül, ham yağ ve ham selüloz gibi temel bileşenlerin toplamının çıkarılmasıyla elde edilir. Bu değer, genellikle sindirilebilir karbonhidratları temsil etmekte ve birimi genellikle g/kg olarak ifade edilmektedir.

$$NFE = KM - (HP + HK + HY + HS)$$

Lif Olmayan Karbonhidratlar: Yem maddesinin toplam kuru madde yüzdesinden Nötr Deterjan Lifi, Ham Protein, Ham Yağ ve Ham Kül içeriklerinin toplamının çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu hesaplama genellikle nişasta, şeker ve organik asitler gibi kolay sindirilebilir karbonhidratları ifade etmekte olup birimi g/kg olarak sunulmaktadır

$$LOK = 100 - (NDF + HP + HY + HK)$$

100: Kuru maddenin toplam yüzdesi.

3.2.2.9. Metabolize Edilebilir Enerji ve Protein Değeri Hesaplamaları

Aşağıdaki denklemler Filik (2020) tarafından geliştirilen metotlara uygun olarak yemlerin besin ve enerji değerlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Sindirilebilir Ham Protein değeri, yem maddesinin ham protein içeriğine dayalı doğrusal bir denklemle hesaplanmaktadır. Sonuç yüzde olarak ifade edilmektedir.

$$SHP (\%) = (HP \times 0.908) - 3.77$$

Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri Yüzdesi, ham protein ve ham selüloz değerleri kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$TSM (\%) = 50.41 + (1.04 \times HP) - (0.07 \times HS)$$

Sindirilebilir Enerji değeri, Mcal/kg birimiyle, hesaplanan toplam sindirilebilir besin maddesi yüzdesinin belirli bir katsayı ile çarpılmasıyla bulunmaktadır.

$$SE (Mcal/kg) = 0.04409 \times TSM (\%)$$

Metabolize Edilebilir Enerji, Sindirilebilir Enerji değerinin %82'sinin alınmasıyla tahmin edilmektedir.

$$ME \text{ (Mcal/kg)} = 0.82 \times SE$$

Net Enerji Değerleri (NE_L, NE_M, NE_G) Metabolize Edilebilir Enerjinin farklı fizyolojik işlevler için ne kadarının kullanılabilceğini göstermektedir.

Laktasyon Net Enerjisi (NE_L): Süt üretimi için kullanılabilen enerjidir (Mcal/kg).

$$NE_L \text{ (Mcal/kg)} = (0.0245 \times TSM (\%)) - 0.12$$

Yaşama Payı Net Enerjisi (NE_M): Hayvanın temel metabolik fonksiyonlarını sürdürmesi için gereken enerjidir (Mcal/kg).

$$NE_M \text{ (Mcal/kg)} = 1.37 \times ME - 0.138 \times ME^2 + 0.0105 \times ME^3 - 1.12$$

Verim Payı Net Enerjisi (NE_G): Canlının canlı ağırlık kazanımı ve büyüme süreçleri için harcanan enerjidir (Mcal/kg).

$$NE_G \text{ (Mcal/kg)} = 1.42 \times ME - 0.174 \times ME^2 + 0.0122 \times ME^3 - 1.65$$

3.2.5. Nispi Yem Değeri ve Nispi Yem Kalitesi Hesaplamaları

Aşağıdaki parametreler, yemlerin besin içeriği ve hayvan tüketimine dayalı olarak kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Hesaplama işlemleri, Kılıç ve Abdiwali (2016) ile Filik (2020) kaynaklarında detaylandırılan metotlar esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Sindirilebilir Kuru Madde yemdeki Asit Deterjan Lifi içeriği baz alınarak yüzde cinsinden hesaplanmaktadır. ADF yüzdesi arttıkça sindirilebilirlik düşmektedir.

$$SKM (\%) = 88.9 - (0.779 \times ADF (\%))$$

Kuru Madde Tüketimi hayvanın yemi ne kadar tüketceğini tahmin etmek için kullanılmakta olup Nötr Deterjan Lifi yüzdesine bağlıdır. Nötr Deterjan Lifi içeriği arttıkça tüketimin azalması beklenmektedir.

$$KMT (\%) = 120 / NDF (\%)$$

Nispi Yem Kalitesi, Kuru Madde Tüketimi ile Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri değerlerinin çarpımının standart bir kalibrasyon faktörüne bölünmesiyle elde

edilmektedir. Bu parametre, yemin hem enerji hem de tüketim potansiyelini birleştirmektedir.

$$NYK = KMT \times TSM / 1.23$$

Kaba yem kalitesinin belirlenmesi sürecinde iki temel sınıflandırma yaklaşımı kullanılmaktadır:

İlk sınıflandırma sistemi; Amerikan Yem ve Çayır Konseyi'nin (American Forage and Grassland Council) Pazarlama Görev Gücü tarafından yapılan ve Nispi Yem Değeri (NYD)'ne dayanan sınıflandırmadır. Buna göre, yemlerin kalitesi şu şekilde derecelendirilir:

Reddedilecek Düzeyde Kötü: NYD değeri <75

4. Kalite: 75-86

3. Kalite: 87-102

2. Kalite: 103-124

İyi Kalite: 125-151

En İyi (Prime) Kalite:> 151

(Kılıç ve Abdiwali, 2016).

İkinci sınıflandırma sisteminde; süt veren sığırların tüketeceği kaba yem kalitesini değerlendiren Nispi Yem Kalitesi (NYK) metodu yer almaktadır. Bu sınıflandırmaya göre, kaba yemler hayvanların fizyolojik durumlarına ve üretim dönemlerine göre gruplandırılır:

140-160 NYK değeri: İnekler ve 3 aylık buzağular için uygundur.

125-150 NYK değeri: Damızlığa alınmadan önceki son 200 günündeki düveler ile 3-12 aylık besi dönemi sığırları için kullanılabilir.

115-130 NYK değeri: 12-18 aylık besi danaları veya buzağuları için uygundur.

100-120 NYK değeri: 18-24 aylık düveler ve kurudaki ineklerin beslenmesinde kullanılabilir.

3.2.3. Fiziksel Analizler

Buğday hasılı silajlarının fiziksel parametrelerini tayin etmek amacıyla çeşitli analizler uygulanmıştır.

3.2.3.1. Sıcaklık Analizi

Fermantasyon süreci tamamlanan ve açılan silajların farklı derinlik ve katmanlarından, dijital bir termometre vasıtasıyla dört farklı referans noktasından sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2. Renk Analizi

Fermantasyon süreci sonunda açılan silaj örneklerinin karakteristiklerini belirlemek amacıyla; Konica-Minolta CR-410 model renk ölçüm cihazı- kullanılarak, her bir numunenin dört farklı referans noktasından okumalar gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında L* (parlaklık / açıklık), a* (kırmızı – yeşil dengesi), b* (sarı – mavi dengesi) renk koordinatları saptanarak kayıt altına alınmıştır. Elde edilen bu verilerin sınıflandırılmasında aşağıdaki kriterler esas alınmıştır:

L* Değeri

Işığın yoğunluğunu, yani açıklık veya koyuluk seviyesini ifade etmektedir. Ölçeklendirmede; 0 (sıfır) değeri mutlak siyahı (tam absorpsiyon) karakterize ederken, 100 değeri ise ideal beyazı (tam yansıma) ifade etmektedir.

a* Değeri

Rengin kırmızı ve yeşil tonları arasındaki konumu göstermektedir. Pozitif a* değerleri kırmızı renk yoğunluğundaki artışı karakterize ederken negatif değerler, silajın yeşil renk bileşenlerinin (klorofil baskınlığı) hakimiyetini göstermektedir.

b* Değeri

Rengin sarı ve mavi tonları arasındaki konumu tanımlamaktadır. Pozitif b* değerleri sarı renk bileşenlerinin baskınlığını ve yoğunluğunu karakterize ederken; negatif b* değerleri ise mavi tonlarının baskınlığını göstermektedir.

Ölçülen a^* ve b^* renk koordinatları temel alınarak, Kroma (doygunluk) ve Ton Açısı (h°) parametreleri belirlenmiştir. Bu hesaplamalar referans alınarak yapılmıştır (AMSA, 2012; Çayıroğlu ve ark., 2020; Filik ve Filik, 2021).

3.2.3.3. pH analizi

Numunelerin pH değerleri her ölçüm serisi öncesinde standart tampon çözeltilerle kalibrasyonu gerçekleştirilmiş olan Eutech Instruments pH 700 (Nijkerk, Hollanda) model dijital pH metre kullanılarak saptanmıştır. Analitik hassasiyetin korunması amacıyla gerçekleştirilen bu ölçümlerden elde edilen veriler, sistem üzerinden eş zamanlı olarak kayıt altına alınmıştır.

3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.4.1. Laktik asit bakterisi sayımı

Fermantasyon periyodu sonunda açılan her bir silaj örneğinden, 10 g numune tartılarak steril erlenmayerlere aktarılmıştır. Erlenmayerlere mikrobiyal ekstraksiyonu sağlamak amacı ile 90 ml izotonik su eklenerek 10^{-1} oranında başlangıç süspansiyonu hazırlanmıştır. Bu işlem laktik asit bakterilerinin sayımına imkan tanıyacak konsantrasyona ulaşana kadar sürdürülmüştür.

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL'lik kısımlar steril petri kaplarına alınmış ve üzerine 45°C 'ye kadar soğutulmuş 15 mL MRS Agar dökülmüştür. Petri kapları, anaerobik koşullarda 30°C 'de 72 saatlik bir süre boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon periyodu sonunda besiyeri yüzeyinde ve içinde gelişen koloni oluşumları sayılarak, laktik asit bakteri popülasyon yoğunluğu saptanmıştır (Seale ve ark., 1990).

3.2.4.2. Maya ve Küf sayımı

Fermantasyon süreci sonunda açılan silaj numunelerinin her birinden 10 g örnek tartılarak, önceden otoklavlanmış steril erlenmayerlere aktarılmıştır. Erlenmayerlere 90 ml izotonik su ilave edilerek 10^{-1} oranında başlangıç süspansiyonu elde edilmiştir. Dilüsyon işlemi 10^{-4} , 10^{-5} ve 10^{-6} konsantrasyonlarında seyreltme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL'lik kısımlar steril petri kaplarına aktarılmış ve üzerlerine yaklaşık 45°C 'ye kadar soğutulmuş 15 mL Malt Ekstrakt Agar dökülmüştür. Örnekler, aerobik koşulların sağlandığı inkübatörde 30°C sıcaklıkta 2- 4 gün süreyle

inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon periyodu sonunda besiyeri yüzeyinde ve içinde gelişen koloni oluşumları sayılarak, toplam maya popülasyon yoğunluğu saptanmıştır

3.2.4.3 İn vitro sindirilebilirlik ve enerji değerinin belirlenmesi

Yem ham maddelerinin in vitro sindirim özelliklerinin tayininde, Menke ve Steingass'ın (1988), gaz üretim metodunu temel alan ANKOMRF gaz üretim sistemi kullanılmıştır.

Araştırmada, Kırşehir Et Mezbahasında kesilen, 18-24 aylık ve yaklaşık 400- 450 kg canlı ağırlığa sahip, %20 kaba yem ve %80 kesif yem içeren rasyonla beslenmiş ithal Montofon ırkı bir boğadan rumen sıvısı elde edilmiştir.

Alınan rumen içeriği, 2 mm'lik plastik bir süzgeçten geçirilmiştir. Ardından, 39°C'ye ayarlanmış ve karbondioksitle doyurulmuş bir termosu konularak, yaklaşık 20-30 dakika içinde laboratuvara transfer edilmiştir.

Laboratuvara getirilen rumen içeriğinin sıcaklığı 22,9°C ve pH değeri 6,20 olarak ölçüldükten sonra, dört katlı tülbentten süzülerek analizler için taze olarak hazır hale getirilmiştir.

Silajın in vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesi sürecinde yapay tükürük kullanımı, biyolojik sindirim ortamının laboratuvar şartlarında standardize edilmesi açısından zorunluluk arz etmektedir. Bu çözelti, fermantasyon sırasında açığa çıkan asitlerin ortamın pH dengesini bozmasını engelleyerek mikrobiyal aktivitenin devamlılığını sağlayan temel bir tampon mekanizması görevi görür. Aynı zamanda mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan mineral madde desteğini sunan ve ozmotik basıncı düzenleyen yapay tükürük, analizin doğal rumen koşullarına en yakın şekilde sonuçlanmasına olanak tanır.

3.2.4.4.Yapay tükürüğün hazırlanması

Yapay tükürüğün formülasyonu, 12 şişelik toplam hacim dikkate alınarak, 499.3 mL distile su, 250 mL makro mineral çözeltisi, 0.12 mL mikro mineral çözeltisi, 250 mL tampon çözeltisi, 1.25 mL rezaurin çözeltisi ve 24 mL redüksiyon çözeltisinin karışımıyla gerçekleştirilmiştir. Yapay tükürüğün hazırlanmasında kullanılan çözeltiler ve hazırlanış şekli Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1.Yapay Tükürüğün Hazırlanmasında Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Miktarları

Solüsyon	Kimyasal Madde	Miktar
Makro Mineral Çözelti	Na ₂ HPO ₄	1,55 g
	MgSO ₄ .7H ₂ O	0,15 g
	Na ₂ HPO ₄	1,425 g
	Distile Su	200 mL
Mikro Mineral Çözelti	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,66 g
	MnCl ₂ .4H ₂ O	0,5 g
	CoCl ₂ .6H ₂ O	0,05 g
	FeCl ₂ .6H ₂ O	0,49 g
	Distile Su	5 mL
	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,66 g
Tampon Çözelti	NaHCO ₃	8,75 g
	(NH ₄) HCO ₃	1 g
	Distile Su	250 mL
Resazurin Çözeltisi	Resazurin	1,25 mL
	Distile Su	125 mL
Redüksiyon Çözeltisi	1.0 N NaOH	1 m
	Na ₂ Sx7H ₂ O	156,25 mg
	Sistein -HCI	156,25 mg
	Distile Su	24 mL

Gaz miktarının belirlenmesi amacıyla, 250 mL hacme sahip cam şişelerden yararlanılmıştır. Her bir şişeye, üç tekerrür prensibiyle 1 gram kuru yem numunesi yerleştirilmiştir. Gaz oluşumunu başlatmak için şişelerin içine 80 mL çözeltiye ilave edilmiş, 20 mL rumen sıvısı karışımı eklenmiştir. Bu aşamada rumen sıvısının pH'ı kontrol edilmiştir. Kullanılan çözelti karışımı ise 499.3 mL saf su, 250 mL makro mineral, 0.12 mL mikro mineral, 250 mL tampon, 1.25 mL resazurin ve 24 mL redüksiyon çözeltilerinden hazırlanmıştır. Son olarak, tüpler 39°C'deki su banyosunda inkübasyona alınmıştır.

Fermentasyon süresince açığa çıkan gaz hacimleri, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 75 ve 96. saatlerde ölçülerek kaydedilmiştir.

Ölçülen bu gaz üretim miktarları kullanılarak; yemlerin Metabolik Enerji değerleri Blümmel ve Orskov (1993), metotlarına göre, Çözünür Organik Madde Sindirilebilirliği (SOMD) değerleri ise Menke ve ark. (1979), tarafından ortaya konulan yöntemler aracılığıyla tayin edilmiştir. Üretilen gaz miktarının mL olarak hesaplanmasında ise Orskov ve McDonald (1979) metodu esas alınmıştır.

ANKOMRF gaz üretim sistemi aracılığıyla 39°C'de ölçülen gaz basıncı (P_{psi} veya mbar) verileri, öncelikle ideal gaz yasası eşitliği kullanılarak mole dönüştürülmüştür. Ardından, Avogadro yasası eşitliğinden yararlanılarak üretilen gazın hacmi hesaplanmıştır.

İdeal Gaz Kanunu, gaz üretim miktarını (mol cinsinden) hesaplamak için temel alınmıştır. Eşitlik ve kullanılan parametreler aşağıda verilmiştir:

n = Üretilen gazın mol miktarı

P = Basınç (kPa)

V = Şişedeki gaz hacmi (L)

T = Mutlak sıcaklık (K)

R = İdeal gaz sabiti (8.314472 L. kPa. K⁻¹. Mol⁻¹)

$n = (pV)/(RT)$

GP, mL = $n * 22.4 * 1000$

Gaz hacminin hesaplanmasını sağlayan Avogadro Kanunu'nun uygulanmasıyla, atmosferik basınç birimi psi olarak belirlenmiştir (1 psi = 6.894757293 kPa)

Gazın molar hacmi bilgisi, mol olarak ölçülen gaz miktarını mL cinsinden hacme dönüştürmek için kullanılmıştır. Standart koşullarda (273.150 K ve 101.325 kPa), bir mol gazın 22.4 L hacim kapladığı varsayımı temel alınmıştır. Dönüşüm, aşağıdaki eşitlik ile sağlanmıştır:

Üretilen gaz (mL) = $n \times 22.4 \times 1000$

ANKOM^{RF} gaz üretim sistemi – gaz şişe hacim kapasitesi

ME_{GÜ} = 2.20 + 0.136 GÜ + 0.0057 HP + 0.0029 HY

ME_{SOMD} = 0.16 SOMD

Yemlerin gaz üretim kinetiği incelenirken, Orskov ve McDonald (1979), tarafından uyarlanan Mitscherlich denklemi ($y=b(1-e^{-ct})$) esas alınmıştır. Bu denklem sayesinde, kinetik parametrelerden olan maksimum gaz üretimi (b) ile gaz salınım sürati sabiti (c) elde edilmiştir. Formülde y, üretilen gaz hacmini; t, inkübasyon zamanını ifade etmektedir. Toplam gaz hacminin yarısına ulaşmak için geçen süre ($T_{1/2}$) ise belirtilen eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$T_{1/2} = \ln 2/c = 0.693/c$$

Silajların IVOMS, ME ve NE_L değerleri, üretilen gaz miktarları baz alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için temel alınan eşitlikler, Menke ve Steingass (1988), kaynaklarında yer alan formüllere dayanmakta olup, aşağıda sunulmuştur:

$$IVOMS, \% = 14,88 + 0,8893 * G\ddot{U} + 0,448 * HP + 0,651 * ash$$

$$ME_{g\ddot{u}}, MJ/kg KM = (2,20 + 0,136 * G\ddot{U} + 0,057 * HP + 0,0029 * HP^2)$$

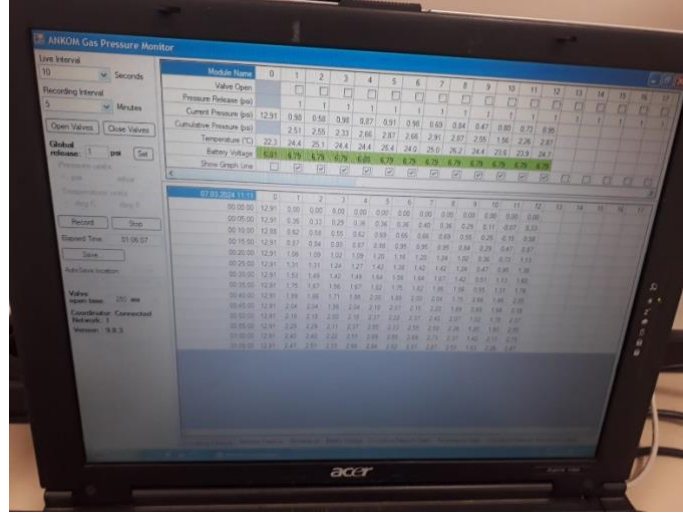
$$NE_L, MJ/kg KM = (0,54 + 0,0959 * G\ddot{U} + 0,038 * HP + 0,001733 * HP^2)$$

$G\ddot{U}$: 24 saatlik net $G\ddot{U}$ (mL/200mg KM),

HP: Ham protein (%).



Şekil 1.1. ANKOMRF Gaz Üretim Sisteminde Şişelerin Modül Başlıkları



Şekil 1.2. ANKOMRF gaz üretim sisteminde verilerin kaydedildiği sisteme bağlı bilgisayar

3.2.5. İstatistiksel Analizler

Çalışmanın istatistiksel değerlendirmeleri SAS (2002) paket yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel tasarıma uygun olarak, gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Genel Doğrusal Model (PROC GLM) prosedürü ile varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Gruplar arası ortalamaların istatistiksel düzeydeki ayrımı ve önem derecelerinin saptanması amacıyla ise Duncan çoklu karşılaştırma testi tercih edilmiştir (Genç ve Soysal, 2018).

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Buğday hasılı silajının fiziksel analiz parametreleri Tablo 4.1’de sunulmuştur. Tablo 4.1’de sunulan sonuçlara göre, pH değerleri kontrol grubu için 6,56 iken, BLB6, BLB8 ve BLB9 gruplarında sırasıyla 4,73, 4,90 ve 4,86 olarak saptanmıştır. *L. brevis* inokulantlarının pH seviyesini anlamlı şekilde düşürdüğü ($P<0,001$) gözlemlenmiş, bakteri ilavesinin istenildiği gibi silaj pH’ını düşürdüğü gözlenmiştir. Düşük pH, silajın korunmasında kritik bir faktör olup, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir (Muck, 2010). Benzer şekilde, Ertekin ve Kızılsimşek (2020) *L. brevis* içeren silajlarda pH’nın anlamlı şekilde düştüğünü bildirmiştir (pH 5,99). Tablo 4.1 incelendiğinde, TÇM (toplam çözünebilir madde) değerleri kontrol grubunda 28,13 °Brix, BLB6 grubunda 27,28 °Brix, BLB8 grubunda 28,10 °Brix ve BLB9 grubunda 27,10 °Brix olarak belirlenmiş olup, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Yang ve ark. (2006), SÇK’nin fermantasyon için önemli bir substrat olduğunu, ancak inokulantların SÇK değerlerinin değiştirmedini belirtmiştir. Tablo 4.1’de renk parametreleri (L^* , a^* , b^* , ΔE^* , h, C^*) bakıldığında deney grupları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ($P>0,05$). Elde edilen bulgular, buğday hasılı silajına uygulanan *L. brevis* inokulasyonunun, elde edilen silajın görsel özellikleri üzerinde belirgin bir değişim meydana getirmediğini göstermektedir. İnce ve Vurarak, (2019) yonca silajı üretiminde inokulant kullanımının renk özelliklerini değiştirmedini saptamıştır; bu araştırmada inokule edilen buğday hasılından elde edilen silajlara dair bulgular da söz konusu literatür verisiyle benzer niteliktedir.

Tablo 4. 1.Buğday Hasılı Silajının Fiziksel Analizleri

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
°C	22.78±0.25	22.88±0.09	23.05±0.21	23.15±0.21	0.5615
pH	6.56 ^a ±0.00	4.73 ^c ±0.02	4.90 ^b ±0.02	4.86 ^b ±0.08	<0.001
TÇM (°Brix)	28.13±0.45	27.28±0.26	28.10±1.17	27.10±1.22	0.7746
L^*	47.61±2.93	49.93±6.66	46.84±1.46	51.34±1.16	0.8245
a^*	3.71±0.40	2.77±0.43	3.29±0.17	3.95±1.23	0.6460
b^*	17.40 ^a ±0.87	16.90 ^a ±2.02	15.99 ^a ±0.59	18.55 ^a ±0.94	0.5401
ΔE	50.84±3.00	52.80±6.93	49.60±1.52	54.78±1.71	0.8029
C^*	17.81 ^a ±0.87	17.14 ^a ±2.01	16.32 ^a ±0.60	19.08 ^a ±0.99	0.4739

C: Santigrat derece; TÇM: Toplam çözünebilir madde veya SÇK (Brix derecesi 0- 25°); L^* : Açıklık (açık-koyu arası renk); a^* : Kırmızılık; b^* : Sarılık; ΔE^* : Toplam renk farkı; h: Renk tonu açısı C^* : Kromatiklik veya doygunluk. Aynı satır içinde ortak üst simgeye sahip olmayan a, b, c harfleri ile gösterilen değerler, istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0.01$).

Tablo 4.2 silajların kuru madde (KM), organik madde (OM), ham kül, (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham selüloz (HS), asit deterjan lif (ADF), nötral deterjan lifi (NDF) ve kül hariç ADF/NDF (ADF_{om}, NDF_{om}) içeriklerini göstermektedir. Kuru madde içerikleri sırasıyla kontrol grubu için 938,95 g/kg, BLB6 için 938,10, BLB8 için 937,70 ve BLB9 için 940,00 olarak ölçülmüş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum *L. brevis* uygulamasının kuru madde kaybını önlemede etkili olduğunu, ancak içeriği artırmada belirgin bir fark yaratmadığını göstermektedir. Organik madde (OM) içerikleri kontrol grubu için %93,35, BLB6 için %92,86, BLB8 için %92,80 ve BLB9 için %92,84 olarak bulunmuş, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edilmiştir (P<0,05). Ham kül oranları; BLB6 (%7,15) ve BLB8 (%7,20) gruplarında kontrol grubuna (%6,65) göre anlamlı şekilde artmış (P<0,05), BLB9’da ise (%7,16) bu artış daha sınırlı olmuştur. Bu durum *L. brevis* uygulamasının mineral içeriğini artırabileceğini düşündürmektedir. Amanullah ve ark. (2014) yaptığı çalışmada; arpa silajına farklı mikrobiyal aşuların eklenmesinin kimyasal bileşim ve fermantasyon özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, mikrobiyal aşular silajın fermantasyon kalitesini artırırken, bazı aşı gruplarında kuru madde ve ham kül içeriğinde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir (P<0,05). Bu artışları, laktik asit bakterilerinin hızlı fermantasyon süreciyle ilişkili olarak kuru madde kaybını minimuma indirmesi ve mineral konsantrasyonunu yükseltmesiyle açıklamıştır. Ham protein (HP) içerikleri sırasıyla 10,84, 11,17, 11,36 ve 10,77 olarak ölçülmüş, BLB6 ve BLB8 gruplarında kontrol ve BLB9’a göre daha yüksek bulunmuştur. Abdullah (2023) çalışmada *L. brevis* uygulanan silajlarda ham protein içeriğinin arttığını (BLB9 için 11,67) bildirmiştir; ancak çalışmamızda BLB9’da bu artış gözlenmemiştir, bu durum inokulant konsantrasyonunun protein korunmasında optimal bir seviye gerektirebileceğini göstermiştir. Miron ve ark. (2005) yaptığı çalışmada; silaj inokulantlarının, mikrobiyal protein sentezini teşvik ederek ham protein konsantrasyonunu koruyabileceğini belirtmiştir.

Ham yağ (HY) içerikleri BLB8 grubunda en yüksek (%5,00), kontrol grubunda ise en düşük (%4,60) olarak belirlenmiş olup, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P <0,05). Silajdaki ham yağ oranının inokulant kullanımıyla artış göstermesi, *L. brevis* gibi laktik asit bakterilerinin fermantasyon sürecini hızlandırarak suda çözünebilir karbonhidrat kayıplarını minimize etmesi ve buna bağlı olarak ham yağ gibi yapısal bileşenlerin oransal olarak korunmasıyla açıklanabilir. Buna paralel olarak

Filya (2003) laktik asit bakterisi esaslı aşılamaçılarının silajın besin değerini koruyucu etkisine dikkat çekmiş; kuru madde kayıplarını engelleyerek ham yağ oranında gözlenen artış eğilimini saptamıştır. Çalışmada propolisin doğal bir antimikrobiyal olarak işlev gördüğünü, silaj fermantasyonunda istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini kontrol ederek laktik asit bakterilerinin daha verimli çalışmasına katkı sağladığını bildirmiştir. Bu yönüyle, dolaylı yoldan fermantasyon kalitesini iyileştirme açısından çalışmayı desteklemektedir. Ham selüloz (HS) içerikleri BLB6 (%27,42) ve BLB8 (%26,90) gruplarında kontrol (%28,72) ve BLB9'a (%28,31) göre daha düşük bulunmuş, bu durum *L. brevis*'in lif fraksiyonlarını parçalamada etkili olduğunu göstermektedir. Wu ve ark. (2022) yaptığı çalışmada; probiyotik bakterilerin besi sığırlarında lifin sindirilebilirliğini artırarak büyüme performansını iyileştirdiğini belirtmiştir.

Ham selüloz (HS) içerikleri incelendiğinde, kontrol (B) ve BLAB9 gruplarının en yüksek değerlere sahip olduğu, BLAB6 ve BLAB8 gruplarında ise daha düşük düzeyler belirlendiği görülmektedir. Bu durum, laktik asit bakterisi inokulasyonunun selüloz yıkımını artırarak sindirilebilirliği iyileştirebileceğini düşündürmektedir. Arasu ve ark. (2014) İtalyan çimi (*Lolium multiflorum Lam.*) silajına dahil edilen *L. plantarum* suşlarının, fermantasyon sürecinde laktik asit üretimini teşvik ederek ortam pH'ını 3,9 seviyesinin altına indirdiğini ve böylece silajın genel kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini saptamıştır. Xu ve ark. (2022) farklı nem içeriklerine sahip yulaf (*Avena sativa L.*) silajları üzerinde yürüttükleri çalışmada, *L. plantarum* ve selülaz enzimi (CE) ilavesinin sinerjik bir etki yaratarak silajın besin profilini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, bu inokulantların kullanımıyla silajdaki ham protein ve laktik asit düzeylerinin yükseldiğini; buna karşın pH değerleri ile protein yıkımının bir göstergesi olan amonyak azotu oranlarının önemli ölçüde azaldığını saptamıştır. Bu durum, silajın daha iyi fermente olduğunu ve besin kayıplarını azaldığına işaret etmiştir. Aynı zamanda silaja ilave edilen selülaz enzimi, özellikle yüksek nem içeriğine sahip yulaf silajlarında lignoselülozik maddelerin parçalanmasını artırarak sindirilebilirliğini iyileştirmiştir.

ADF ve ADFom değerleri BLB6 ve BLB8'de kontrol ve BLB9'a göre daha düşük bulunmuş olup bu durum *L. brevis* 'in selülozik yapıyı kısmen degradasyona (ayırışma) uğrattığını göstermektedir. Özdüven ve ark. (2010) tritikale (*× Triticosecale Wittm.*) silajı üzerine yaptıkları çalışmada; farklı laktik asit bakterisi ve enzim kombinasyonlarının (Pioneer 1188, Global Nutritech ve Sil-All) fermantasyon üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, kullanılan tüm inokulant ve enzimlerin tritikale silajının

kalitesini artırdığı; özellikle enzim içeren takviyelerin silajdaki NDF ve ADF düzeylerini düşürerek yapısal karbonhidratların sindirilebilirliğini iyileştirdiği saptanmıştır. Wang ve ark. (2025), yapmış oldukları çalışmalarda farklı silaj inokulantlarının yonca (*Medicago sativa L.*) silaj kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, %60 nem içeriğine sahip yonca kullanmıştır. Çalışmada; damıtılmış su içeren bir kontrol grubu (CK) ve beş farklı ticari inokulant; Xinlaiwang I-saman silaj ajanı (A), Xinlaiwang I-yonca silaj ajanı (B), Zhuanglemei silaj fermantasyon ajanı (C), Baoshiqing (D) ve Kangfuqing S laktik asit bakteri inokulantı (E) olmak üzere altı farklı uygulama grubu oluşturmuştur. Grup B'ye Xinlaiwang I-yonca silaj maddesinin eklenmesi, yonca silajındaki ham protein seviyelerini önemli ölçüde artırmıştır ($P<0,05$). Ayrıca, nötr deterjan lifi (NDF) ve asit deterjan lifi (ADF) içeriklerini azaltmıştır. Benzer şekilde Borreani ve ark. (2018), düşük ADF ve NDF içeriklerinin, hayvanlarda yem alımını ve besin maddesi sindirimini olumlu etkileyerek hayvan performansını artırdığını ifade etmiştir.

Tablo 4. 2.Buğday Hasılı Silajının Besin Madde Analizleri

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
KM (g/kg)	938.95±0.15	938.10±0.80	937.70±0.30	940.00±0.10	0.0677
OM (%)	93.35 ^a ±0.19	92.86 ^b ±0.01	92.80 ^b ±0.07	92.84 ^b ±0.00	0.0499
HK (%)	6.65 ^b ±0.19	7.15 ^a ±0.01	7.20 ^a ±0.07	7.16 ^a ±0.00	0.0499
HP (%)	10.84 ^b ±0.06	11.17 ^a ±0.13	11.36 ^a ±0.04	10.77 ^b ±0.00	0.0130
HY (%)	4.60 ^c ±0.00	4.81 ^b ±0.06	5.00 ^a ±0.00	4.71 ^b ±0.03	0.0030
HS (%)	28.72 ^a ±0.14	27.42 ^b ±0.12	26.90 ^b ±0.09	28.31 ^a ±0.17	0.0024
ADF (%)	37.09 ^a ±0.02	34.17 ^c ±0.17	34.29 ^{cb} ±0.09	34.94 ^b ±0.29	0.0009
ADFom (%)	30.44 ^a ±0.21	27.03 ^b ±0.17	27.09 ^b ±0.02	27.78 ^b ±0.29	0.0007
NDF (%)	64.21±0.55	63.67±0.01	63.24±0.06	38.28±0.07	0.1739
NDFom (%)	57.56 ^a ±0.36	56.52 ^c ±0.13	56.04 ^c ±0.13	57.01 ^{ba} ±0.01	0.0193

(%) Kuru madde üzerinden; ADFom = ADF külü hariç, NDFom = NDF külü hariç; OM: Organik Madde (%); HK: Ham Kül (%); HP: Ham Protein (%); HY: Etanol Ekstraktı (%); HS: Ham Lif (%); ADF: Asit Deterjan Lifi (%); NDF: Nötr Deterjan Lifi (%). Veriler, her bir uygulamadan dört tekrara ait ortalama değerleri temsil etmektedir. Aynı satır içerisinde ortak üst simgeye sahip olmayan a, b, c, d harfleri ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($P<0.01$).

Enerji değerleri, silajların hayvancılıkta besleme potansiyelini değerlendirmek için kritik önemdedir. Tablo 4.3'deki enerji değerlerine ait veriler incelendiğinde; BLB6 (%76,89) ve BLB8 (%76,45) gruplarındaki toplam karbonhidrat (TK) değerleri, Kontrol (%77,91) ve BLB9 (%77,37) gruplarına kıyasla anlamlı derecede daha düşük olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum; BLAB6 ve BLAB8 inokulantlarının, fermantasyon sırasında karbonhidratları etkili bir şekilde parçaladığını ve laktik aside

dönüştürdüğünü göstermektedir. Sindirilebilir enerji (SE), metabolize edilebilir enerji (ME), laktasyon için net enerji (NE_L) ve yaşama payı için net enerji (NE_M) değerleri BLB6 ve BLB8’de (sırasıyla 2,66–2,18, 1,36, 1,32) kontrol ve BLB9’a göre daha yüksek bulunmuştur (P<0,05). Bu durum; BLB8’in yüksek enerji içeriğiyle ruminantlar için uygun bir yem kaynağı olduğunu göstermektedir. Harper ve ark. (2017) yılında yapmış oldukları çalışmada, yüksek sindirilebilir enerji (SE) ve metabolize edilebilir enerji (ME) içeren silajların, süt ve et üretiminde avantaj sağladığını belirtmişlerdir.

Canlı ağırlık artışı için net enerji (NE_G) değeri BLB8’de (0,75) en yüksek, kontrol ve BLB9’da (0,73) daha düşük bulunmuş, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı sınırdadır. Azotsuz ekstrat (NFE) ve lifsiz karbonhidrat (NFC) değerleri gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (P>0,05). Reed ve ark. (2022) yapmış olduğu çalışmada, yüksek enerji içeriğine sahip silajların, laktasyon dönemindeki hayvanların enerji ihtiyacını karşılamada kritik bir rol oynadığına dikkat çekmiştir. Weiss (1999) yeterli enerji sağlamayan yemlerin süt üretimini azalttığına dikkat çekmiştir. Sairanen ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada; silajın sindirilebilirliğindeki artışın, süt üretimindeki ilave konsantre yem ihtiyacını azalttığını bildirmiştir. Bu durumu metabolize edilebilir enerji (ME) alımının artmasına bağlamıştır.

Tablo 4. 3.Buğday Hasılı Silajlarının Enerji Değerleri

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
NFE (%)	49.20±0.12	49.47±0.04	49.46±0.11	49.06±0.19	0.1962
NFC (%)	13.71±0.80	13.22±0.07	13.21±0.04	13.20±0.04	0.7760
TK (%)	77.91 ^a ±0.25	76.89 ^{cb} ±0.07	76.45 ^c ±0.02	77.37 ^b ±0.02	0.0055
SE (Mcal/kg)	2.66 ^b ±0.00	2.65 ^{ba} ±0.01	2.66 ^a ±0.00	2.63 ^b ±0.00	0.0298
ME (Mcal/kg)	2.16 ^b ±0.01	2.18 ^a ±0.01	2.18 ^a ±0.00	2.16 ^b ±0.00	0.0200
NE _L (Mcal/kg)	1.34 ^b ±0.00	1.36 ^a ±0.01	1.36 ^a ±0.00	1.34 ^b ±0.00	0.0097
NE _M (Mcal/kg)	1.30 ^b ±0.00	1.32 ^a ±0.01	1.32 ^a ±0.00	1.30 ^b ±0.00	0.0097
NE _G (Mcal/kg)	0.73±0,01	0.74±0,00	0.75±0.01	0.73±0.01	0.0635

(%) Kuru madde üzerinden; Veriler, her bir muameleye ait dört tekrarın ortalamasını temsil etmektedir; NFE: Azotsuz ekstrat (%); NFC: Lifsiz karbonhidratlar (%); TK: Toplam karbonhidratlar (%); SE: Sindirilebilir enerji (Mcal/kg); ME: Metabolize edilebilir enerji (Mcal/kg); NE_L: Laktasyon için net enerji (Mcal/kg); NE_M: Yaşama payı için net enerji (Mcal/kg); NE_G: Canlı ağırlık artışı için net enerji (Mcal/kg). Aynı satır içerisinde ortak üst simgeye sahip olmayan a, b, c harfleri ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (P<0.01).

Silajların besleme kalitesini değerlendiren sindirilebilir kuru madde (SKM), toplam sindirilebilir besin maddeleri (TSM), nispi yem değeri (NYD) ve nispi kaba yem

kalitesi (NYK) değerleri incelendiğinde (Tablo 4.4); SKM değerlerinin BLB6 (%62,29) ve BLB8'de (%62,19) diğer gruplara göre daha yüksek olduğu ve TSM (%60,34), NYD (91,49) ve NYK (93,09) değerleri açısından BLB8 grubunun istatistiksel olarak anlamlı bir üstünlük gösterdiği belirlenmiştir (P<0.05). Ayrıca; BLB8 grubunun yüksek sindirilebilirlik ve besin değeriyle öne çıktığını görülmektedir. Mertens ve Grant (2020) yaptığı çalışmada, toplam sindirilebilir besin maddeleri silajın sindirilebilirliği ile doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiş, kuru madde tüketimi değerlerin gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermediğini bildirmiştir.

Tablo 4. 4.Buğday Hasılı LB Silajlarının Nispi Yem Değeri ve Yem Kalitesi

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
SKM (%)	60.01 ^c ±0.02	62.29 ^a ±0.03	62.19 ^{ba} ±0.07	61.69 ^b ±0.22	0.0009
KMT (%)	1.87 ^a ±0.02	1.88 ^a ±0.00	1.90 ^a ±0.00	1.87 ^a ±0.00	0.2564
TSM (%)	59.68 ^b ±0.07	60.11 ^a ±0.14	60.34 ^a ±0.05	59.63 ^b ±0.02	0.0093
NYD	86.95 ^c ±0.54	91.00 ^{ba} ±0.19	91.49 ^a ±0.00	89.42 ^b ±0.35	0.0049
NYK	90.68 ^b ±0.67	92.10 ^a ±0.21	93.09 ^a ±0.02	90.65 ^b ±0.04	0.0201

(%) kuru madde üzerinden; 2) Veriler, her bir uygulamaya ait dört tekrarın ortalama değerlerini temsil etmektedir; 3) SKM: Sindirilebilir kuru madde (%); KMT: Kuru madde tüketimi (canlı ağırlık üzerinden, %); TSM: Toplam sindirilebilir besin maddeleri (%); NYD: Nispi yem değeri ve NYK: Nispi kaba yem kalitesi. Aynı satır içerisinde ortak üst simgeye sahip olmayan a, b, c harfleri ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (P<0.01).

Tez kapsamında yürütülen mikrobiyolojik analizler, numunelerin kuru madde, laktik asit bakterisi, maya, küf ve pH değerlerini içermektedir. Elde edilen bulgular Tablo 4.5 'te sunulmuştur. Bu analizler, incelenen materyalin mikrobiyolojik kalitesini ve fermantasyon sürecini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Buğday hasılı silajlarındaki kuru madde içerikleri BLB9 grubunda %50,24 en yüksek, kontrol grubunda ise %47,60 en düşük olarak bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlıdır (P<0,0001). Bu durum; laktik asit bakterisi inokulasyonunun, silajın fermantasyon kalitesini iyileştirerek kuru madde kaybının azalmasına katkıda bulunduğu anlamına gelmektedir. Akbay ve ark. (2023) yapmış olduğu çalışmasında; farklı kuru madde (KM) içeriklerine sahip yonca yemlerinin silaj fermantasyon kalitesi üzerine homofermentatif *Lactobacillus bifementans* ve heterofermentatif *Lactobacillus brevis* inokulasyonunun etkilerini incelemiştir. Yonca, düşük, orta ve yüksek kuru madde düzeylerini elde etmek amacıyla 9 ile 24 saat soldurulmuş olarak kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda, soldurmanın pH değerini düşürerek ve kuru madde geri kazanımını artırarak fermantasyon kalitesini

iyileştirdiği belirlenmiştir. Aynı şekilde, mikrobiyal inokülasyonun da pH değerini düşürdüğü, kuru madde geri kazanımını artırdığı gözlemlenmiştir. Çalışmada; kontrol grubuna (1,50 Log₁₀⁵ cfu/g) kıyasla BLB8 grubundaki (1,00 Log₁₀⁵ cfu/g) laktik asit bakterisi sayılarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış olup, kontrol ve BLB6 gruplarında maya tespit edilirken, küf oluşumuna rastlanmamıştır. Benzer şekilde Mutlu ve ark. (2015) farklı laktik asit bakteri inokülasyonlarının mısır silajı kalitesi ve aerobik stabilitesi üzerine etkilerini incelemiş, kontrol grubunda laktik ve asetik asit düzeyleri 30. günde en yüksek seviyeye çıkarken, inokulant ilave edilmiş gruplarda ise bu asitlerin konsantrasyonu 5. günden başlayarak hızla yükselmiş; bütirik asit düzeyi ise başlangıçta yüksek olmasına rağmen deneme sonunda önemli ölçüde azalmıştır (P<0.001). Aerobik stabilite testinde ise gruplar arasında pH, laktik asit ve maya düzeyleri açısından istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. (P>0.05). Ayrıca hiçbir grupta küf oluşumu gözlemlenmemiştir.

Mikrobiyolojik analizler; inokulant ilavesinin maya ve küf gelişimini baskıladığını ve aerobik stabiliteyi artırdığını göstermiştir. BLB6 grubunda aerobik stabilite sonrasında maya gelişimi gözlenmesine rağmen, hiçbir grupta küf varlığına rastlanmamıştır. Sonuçlar, düşük pH seviyesinin ve *L. brevis*'in antimikrobiyal potansiyelinin silaj hijyeni üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir. Muck (2010) yapmış olduğu çalışmasında; fermentasyonun birincil etkisinin düşen pH'ın anaerobik olmayan mikroorganizmaların büyümesini engellediğini belirtmiş, *L. buchneri* gibi heterofermantatif laktik asit bakterilerinin asetik asit üreterek aerobik stabilitenin iyileşmesine, maya ve küf gelişiminin engellenmesine katkıda bulunduğunu belirtmiştir.

Tablo 4. 5.Buğday Hasılı Silajlarının Açım Zamanındaki Mikrobiyolojik Analizleri Ve Kuru Maddesi

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
KM	47.60 ^c ±0.16	49.26 ^b ±0.07	49.05 ^b ±0.02	50.24 ^a ±0.37	<0001
ASÖ L Asit (Log ₁₀ ⁵ fu/g)	1.50 ^a ±0.50	-	1.00 ^a ±0.00	-	0.4226
Maya Sayısı (Log ₁₀ ⁵ cfu/g)	1.00± -	-	-	1.00± -	-
ASÖ Küf Sayısı cfu/g, KUF besiyeri)	-	1.00±	-	-	-

KM: Kuru Madde: L.Asit (Log₁₀⁵cfu/g) L. Asit Aerobik stabilite öncesi laktik asit bakteri sayısı (Log₁₀⁵ cfu/g, MRS besiyeri), Maya sayısı (Log₁₀⁵ cfu/g, MEA besiyerinde, ASÖ Küf Sayısı: Aerobik stabilite öncesi küf sayısı (cfu/g, KUF besiyeri)

Buğday hasılı silajlarının aerobik stabilite sonrası mikroorganizma sonuçlarını içeren Tablo 4.6 'ya göre, kontrol grubunun pH değeri (6.57) diğer gruplara kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. BLAB6, BLAB8 ve BLAB9 gruplarında ise pH değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (P <0.0001). Bu durum, kullanılan laktik asit bakteri inokulantlarının silajın hızlıca asitlenmesini sağladığını ancak bu hızlı asit üretimi ve pH düşüşünün aerobik stabilite üzerinde her zaman olumlu bir etki yaratmayabileceğini ortaya koymaktadır. McDonald ve ark. (1991) ve Weinberg ve Muck (1996) yapmış olduğu çalışmalarında; düşük pH seviyesinin, zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını baskılayarak aerobik stabilite üzerinde olumlu bir etki yarattığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Peng ve ark. (2024) yapmış oldukları çalışmalarında; silajdaki düşük pH değerinin istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasını engellediğini, bu durumun besin kaybının azalmasını sağlayabildiğini bildirmiştir.

CO₂ üretimi parametresi yönünden deney grupları arasında istatistiksel açıdan dikkate değer bir farklılık bulunamamıştır. Kontrol grubunda en yüksek maya sayısına rastlanması, yüksek pH değeriyle benzer özellikler göstermektedir. Silajlarda küf oluşumunun gözlenmemesi, materyallerin aerobik bozulmaya karşı yüksek direnç gösterdiğine işaret etmektedir. Pitt ve Leibensperger (1987) çalışmalarında; pH seviyesinin düşürülmesi ve anaerobik ortamın sağlanması, küf gelişimini önemli ölçüde engellediğini, bu etkinin özellikle inokulant ilave edilen silajlarda daha belirgin bir şekilde gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde Jatkauskas ve Vrotniakienė (2011) yapmış oldukları çalışmalarında; silaj gruplarına uygulanan inokülasyon işlemlerinin pH değerini önemli ölçüde düşürdüğü, maya ve küflerin gelişimini engellediğini ve bu durumun aerobik stabiliteyi artırdığını belirtmişlerdir.

Tablo 4. 6. Buğday Hasılı Silajlarının Aerobik Stabilite Sonrası pH₂, CO₂ ve Mikroorganizma Sayım Sonuçları

Parametreler	B	BLAB6	BLAB8	BLAB9	P
pH ₂	6,57 ^a ±0.02	4.86 ^b ±0.02	4.86 ^b ±0.02	4.86 ^b ±0.03	<.0001
CO ₂	4.28±0.26	3.96±0.31	3.40±0.13	3,84±0.18	0.1965
Maya	2.67±0.67	1.00± -	-	-	0.3377
ASKUF	-	-	-	-	-

pH₂: Aerobik Stabilite sonrası pH CO₂: Aerobik Stabilite sonrası CO₂, ASMEA Log₁₀⁵ cfu/g, ASMEA besiyeri); Aerobik stabilite sonrası maya ASKUF: Aerobik stabilite koşullarındaki küf sayısı

In vitro gaz üretim tekniğiyle incelenen buğday hasılı silajlarının organik madde sindirilebilirlikleri (OMS), metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NEL) ve in vitro sindirilebilirlik değerleri (IVGP) Tablo 4.7 'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, BLAB6 grubu %37,67 ile en yüksek organik madde sindirilebilirliğine sahipken, kontrol grubu (B) ve BLAB9 grubu benzer değerler göstermiş, BLAB8 grubunun değeri ise diğer gruplara nazaran daha düşük düzeyde saptanmıştır.

Buğday hasılı silajlarının metabolik enerji değerleri incelendiğinde, BLAB6 grubunun 5.69 MJ/kg kuru madde değer ile en yüksek değere ulaştığı, kontrol ve BLAB9 gruplarının ise daha düşük metabolik enerji değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, net enerji laktasyon değeri açısından da BLAB6 grubu, 3.00 MJ/kg kuru madde değeri ile en yüksek değere sahiptir. İn vitro gaz üretimi (IVGP) değerleri incelendiğinde, BLAB6 grubunun 25.03 mL/200 mg ile en yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğu görülmüştür. Muthia ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada, pirinç silajı gibi düşük kaliteli kaba yemlerin besin değerini ve in vitro rumen fermantasyonunu nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmada uygulanan in vitro gaz üretim tekniği, inokulant ilavesinin sindirilebilirliği artırarak daha verimli bir fermantasyon sağladığını göstermiştir. Buğday hasılı silajının 24 saatlik inkübasyon süresince 19,1 mL/g gaz ürettiği bildirilmiştir. Bu bulgu, Tablo 4.7'de sunulan in vitro gaz üretim değerleriyle karşılaştırıldığında, buğday hasılı silajının benzer bir sonuç sergilediğini göstermektedir.

Tablo 4. 7.Buğday Hasılı Silajının İn Vitro Gaz Üretim Tekniği ile 24 Saatte Ölçülen Toplam Gaz Miktarı

Grup (Yemler)	OMS (%) ± SEM	ME (MJ/kg ^{DM}) ± SEM	NE _L (MJ/kg ^{DM}) ±SEM	<i>In vitro</i> Gaz Üretimi (IVGP, ml/200 mg ^{DM}) ± SEM
BHSC	34.23 ± 0.11	5.15 ± 0.02	2.62 ± 0.01	21.00 ± 0.13
BLAB6	37.67 ± 1.19	5.69 ± 0.19	3.00 ± 0.14	25.03 ± 1.41
BLAB8	36.65 ± 0.48	5.53 ± 0.08	2.89 ± 0.05	23.80 ± 0.56
BLAB9	34.49 ± 5.52	5.18 ± 0.87	2.64 ± 0.62	21.28 ± 6.42

OMS: organik madde sindirilebilirliği, ME: metabolize edilebilir enerji, NE_L: net enerji laktasyon, IVGP: in vitro gaz üretimi, SEM: ortalamaların standart hatası

5. SONUÇ.

Bu çalışmada, *L. brevis* (BLB6, BLB8 ve BLB9) inokulantlarının buğday hasılı silajı üzerine olan etkileri, fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve sindirilebilirlik özellikler açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, *L. brevis* suşlarının silaj kalitesini çok yönlü olarak iyileştirdiğini göstermektedir. Özellikle BLB6 ve BLB8 gruplarında pH seviyeleri anlamlı derecede düşerek silajın korunabilirliği artırılmış ve istenmeyen mikroorganizmaların gelişimi engellenmiştir. Ayrıca renk parametreleri ve suda çözünebilir karbonhidrat düzeyleri itibarıyla gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ayrımın bulunmaması, inokulantların silajın görsel özelliklerini ve karbonhidrat stabilitesini etkilemediğini ortaya koymaktadır.

Kimyasal analizler sonucunda, BLB6 ve BLB8 gruplarında ham protein ve ham yağ içeriklerinin kontrol grubuna göre daha üst düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, inokulantların protein ve lipid metabolizmasına olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Aynı zamanda, bu gruplarda ADF, ADFom ve ham selüloz değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, lif fraksiyonlarının mikrobiyal aktiviteyle parçalandığını ve yemin sindirilebilirliğinin arttığını göstermektedir. NDF değerlerindeki sınırlı değişim ise *L. brevis*'in lifsel yapı üzerindeki etkisinin selülozik komponentlerle sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Enerji içeriği analizlerinde, BLB6 ve BLB8 gruplarında sindirilebilir enerji, metabolize edilebilir enerji, net enerji laktasyon ve bakım için net enerji değerlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiğinde; *L. brevis* (BLB6, BLB8 ve BLB9) suşları ile inoküle edilen buğday hasılı silajlarının, kontrol grubuna kıyasla fermantasyon karakteristiği ve besleme değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde üstünlük sergilediği saptanmıştır. Özellikle BLB6 ve BLB8 uygulamalarının silajın kalitesini iyileştirdiği sonucuna; pH değerlerinde gözlenen karakteristik düşüş ($P<0.001$), ham protein ve ham yağ içeriklerindeki relatif artış ile sindirilebilirliği kısıtlayan ADF, ADFom ve ham selüloz fraksiyonlarındaki istatistiksel azalış ($P<0.001$) verileri neticesinde varılmıştır. Ayrıca, söz konusu inokulantların organik madde sindirilebilirliği ve in vitro gaz üretim değerlerinde (sırasıyla %37,67 ve 25,03 ml/200 mg KM) meydana getirdiği artışın, ME ve NEL gibi enerji parametrelerine doğrudan pozitif yönde yansımaları ($P<0.05$), bu suşların biyoyararlılığı artırdığını teyit etmiştir. Bu veriler ışığında, *L. brevis* inokulasyonunun, yapısal karbonhidratların parçalanmasını teşvik ederek ve fermantasyon kayıplarını

minimize ederek buğday hasılı silajının besinsel kompozisyonunu optimize ettiği ve hayvancılıkta verimli bir biyoteknolojik strateji olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, *L. brevis* suşlarıyla inoküle edilen buğday hasılı silajlarında, özellikle BLB6 ve BLB8 uygulamaları, silajın fermantasyon kalitesini, besin madde içeriğini, enerji değerlerini ve sindirilebilirliğini önemli düzeyde iyileştirmiştir. Bu bulgular, *L. brevis* suşlarının yem kalitesini artırmak amacıyla silaj inokulantı olarak kullanım potansiyelini desteklemektedir. Bu durumun, hayvancılıkta daha verimli ve sağlıklı yem üretimi için uygulanabilir bir biyoteknolojik çözüm olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

6.KAYNAKLAR

Abdullah, S. A. A. (2023). Buğday hasılı silajlarında lactobacillus plantarum kullanımının silaj kalitesi ve fermentasyon üzerine etkileri [Yüksek lisans tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

AIMS Press. (2021). *Role of LAB in silage fermentation: Effect on nutritional quality and organic acid production—An overview*. AIMS Agriculture and Food, 6(1), 1-17. [10.3934/agrfood.2021014](https://doi.org/10.3934/agrfood.2021014)

Akbay, F., Günaydın, T., Arıkan, S., & Kızıllı, M. (2023). Performance of new lactic acid bacteria strains as inoculants on the microorganism composition during fermentation of alfalfa silage containing different dry matter content. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(4), 402-411. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3168148>

Albarran, B., Garcia, A., Espinoza, A., Espinosa, E., & Arriaga, C. M. (2012). Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's highlands. *Indian Journal of Animal Research*, 46(4), 317–324. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/ARCC474>

Amanullah, S. M., Kim, D. H., Lee, H. J., Joo, Y. H., Kim, S. B., & Kim, S. C. (2014). Effects of microbial additives on chemical composition and fermentation characteristics of barley silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(4), 511–517. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13617>

American Meat Science Association. (2012). *AMSA meat color measurement guidelines* (Revised December 2012). https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf

American Oil Chemists' Society. (2005). Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction (Official Procedure Am 5-04)

AOAC. (1998). Official methods of analysis. 16th Edition, 4th Revision, Washington, D. C <https://www.scribd.com/doc/240896100/Welcome>

Atak, M. (2017). Buğday ve Türkiye buğday köy çeşitleri. Mustafa Kemal Üniversitesi

Ávila, C. L. S., & Carvalho, B. F. (2020). Silage fermentation—updates focusing on the performance of micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 128(4), 966-984. <https://doi.org/10.1111/jam.14450>

Axelsson, L. (1998). Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. In: Salminen, S., Wright AV, Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects. New York, Marcel Decker, pp. 1-72. https://www.researchgate.net/publication/234078695_Lactic_Acid_Bacteria_Classification_and_Physiology

Bacteria Industrial Platform (LABIP). *Trends in Food Science & Technology*, 94, 105–115. Bağcı, C., Okuyucu, B., & Koç, F. (2023). Effects of inoculation preactivated *Lactobacillus buchneri* and urea on fermentation and aerobic stability characteristics of

corn silage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(2), 246–251. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.431-438.5272>

Basmacıoğlu, H., & Ergül, M. (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 12–24.

Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H., & Doğrusöz, M. Ç. (2018). Determination of silage yield and quality of grasspea + cereal intercrops. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(9), 1237–1242 <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i9.1237-1242.2022>

Becerril-Gil, M. M. N., López-Gonzalez, F., Estrada-Flores, J. G., & Arriaga-Jordán, C. M. (2018). Black oat (*Avena strigosa*) silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(2), 467–476. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/viewFile/2509/1179>

Blümmel, M., & Ørskov, E. R. (1993). Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 40(2-3), 109–119. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90150-I](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90150-I)

Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 305–329. DOI: [10.3168/jds.2017-13837](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837)

Broberg, A., Jacobsson, K., Ström, K., & Schnürer, J. (2007). Metabolite profiles of lactic acid bacteria in grass silage. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(17), 5547–5552. [10.1128/AEM.02939-06](https://doi.org/10.1128/AEM.02939-06)

Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Broderick, G. A., & Weimer, P. J. (2012). *Lactobacillus plantarum* effects on silage fermentation and in vitro microbial yield. *Animal Feed Science and Technology*, 178(3-4), 211–217 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.008>

Çayıroğlu, H. (2025). Effects of Different Doses of *Lactobacillus brevis* Addition to Oat (*Avena sativa* L.) Silage on Physical and Chemical Properties, Aerobic Stability, in Vitro Organic Matter Digestibility and Energy Value of Silage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i4.1008-1014.7428>

Çayıroğlu, H., Filik, G., Coşkun, İ., Gül Filik, A., Çayan, H., & Şahin, A. (2020). Spraying opened sugar beet pulp silage with oregano essential oil helps to sustain quality and stability. *South African Journal of Animal Science*, 50(1), Article 2. https://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892020000100002

Daniel, J. L. P., Checulli, M., Zwielehner, J., Junges, D., Fernandes, J., & Nussio, L. G. (2015). The effects of *Lactobacillus kefir* and *L. brevis* on the fermentation and aerobic stability of sugarcane silage. *Animal Feed Science and Technology*, 204, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.04.015>

Der, G., & Everitt, B. S. (2002). *A handbook of statistical analyses using SAS* (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC

Deutsches Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG). (2006). *DLG-Merkblatt 347: Bewertung der Qualität von Silagen*. DLG-Verlag. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/DLG-Information_2-2006_Grobfutterbewertung_Teil_B.pdf

Ertekin, İ., & Kızıllısimşek, M. (2020). Effects of lactic acid bacteria inoculation in pre-harvesting period on fermentation and feed quality properties of alfalfa silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(2), 245–253. [10.5713/ajas.18.0801](https://doi.org/10.5713/ajas.18.0801)

Fierro, R., Chamorro, D., Pazmiño, J., Rueda, D., Zúñiga, J., Ríos, D., Manjunatha, B., Filik, A. G., & Filik, G. (2021). Nutritive value of ensiled *Amaranthus powellii* Wild. treated with salt and barley. *Tropical Animal Health and Production*, 53, Article 52 <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02470-9>

Filik, G. (2020). Biodegradability of quinoa stalks: The potential of quinoa stalks as a forage source or as biomass for energy production. *Fuel*, 266, 117064. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117064>

Filya, İ. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3575–3581.

Genç, S., & Soysal, M. İ. (2018). Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 1(1), 18-27. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/514398>

Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., & Di Cagno, R. (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-4), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>

Harper, M. T., Oh, J., Giallongo, F., Roth, G. W., & Hristov, A. N. (2017). Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6151–6163. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12553>

Hernández Córdova, N., Soto Carreño, F., & Plana Llerena, R. (2015). Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra [Growth performance and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) on three planting dates]. *Cultivos Tropicales*, 36(1). https://www.researchgate.net/publication/317518178_Comportamiento_del_crecimiento_y_rendimiento_del_cultivo_del_trigo_Triticum_aestivum_L_en_tres_fechas_de_siembra

İflazoğlu Mutlu, S., Terlemez, F., Yılmaz, Ö., Yılmaz, M., & Azman, M. A. (2015). Effects of use of lactic acid bacteria isolated from whole crop corn as inoculant on corn silage fermentation and aerobic stability. *F.Ü. Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 29(3), 175–181. https://veteriner.fusabil.org/pdf/pdf_FUSABIL_1070.pdf

important forage species for ,livestock sector. *Journal of Applied Pharmaceutical*

İnce, A., & Vurarak, Y. (2019). An approach to color change and quality relation in roughages. *Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 1-8. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.538982>

Jatkauskas, J., & Vrotniakienė, V. (2011). The effects of silage inoculants on the fermentation and aerobic stability of legume-grass silage. *Žemdirbystė=Agriculture*, 98(4), 367–374 [https://zemdirbyste-agriculture.lt/98\(4\)tomas/98_4_tomas_str4.pdf](https://zemdirbyste-agriculture.lt/98(4)tomas/98_4_tomas_str4.pdf)

Juráček, M., Kalúzová, M., Bíro, D., Gálik, B., Šimko, M., Rolinec, M., Hanušovský, O., Mixtajová, E. & Drotárová, S. (2022). Fermentation quality of rye silage after microbial additive supplementation. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 24, 240-247.

Kılıç, Ü., & Abdiwali, M. A. (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının in vitro gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6), 895–901 <https://search.trdizin.gov.tr/en/yayin/detay/202135>

Kung, L., Jr., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033. [10.3168/jds.2017-13909](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909)

Lactobacillus bacterial genera most prevalent used to improve silage digestibility of *Lactobacillus* name change: The results of an expert meeting organised by the Lactic Acid
Li, P., Bai, S., You, M., & Shen, Y. (2016). Effects of maturity stage and lactic acid bacteria on the fermentation quality and aerobic stability of Siberian wildrye silage. *Food Science & Nutrition*, 4(5), 664–670. [10.1002/fsn3.312](https://doi.org/10.1002/fsn3.312)

Liao, J., Liu, S., Yang, F., Fu, Y., Duan, H., Bao, X., Huo, J., & Zhao, Z. (2025). Effects of *Lactobacillus brevis* additives on nutrient composition, fermentation quality, microflora structure and metabolites of Pennisetum giganteum silage. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1635386. : [10.3389/fvets.2025.1635386](https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1635386)

Lynch, J. P., Baah, J., & Beauchemin, K. A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 478–489.v [10.3168/jds.2014-8768](https://doi.org/10.3168/jds.2014-8768)

Mahanna, B., & Chase, L. E. (2003). Practical applications and solutions to silage problems. In D. R. Buxton, R. E. Muck, & J. H. Harrison (Eds.), *Silage science and technology* (Vol. 42, pp. 605-635). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c19>

Marković, J., Blagojević, M., Kostić, I., Vasić, T., Anđelković, S., Petrović, M., & Štrbanović, R. (2018). Effect Of Bacterial Inoculants Application And Seeding Rate On Common Vetch-Oat Silage Quality. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(2), 251-257. <https://doi.org/10.2298/BAH1801001G>

Martínez-Fernández, A., Argamentería-Gutiérrez, A., De la Roza, B. (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Editado por: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA) del Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias, España

https://catoute.unileon.es/discovery/fulldisplay?vid=34BUC_ ULE:VU1&tab=Everything&docid=alma991004354609705772&lang=es&context=L&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=sub,exact,Ciencias%20%20Bases%20de%20datos,AND&mode=advancedmastitis. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5301–5311.

McAllister, T. A., Dunière, L., Drouin, P., Wang, Y., Munns, K., & Zaheer, R. (2018). Silage review: Using molecular approaches to define the microbial ecology of silage. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2993-3011 [10.3168/jds.2017-13704](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13704) [External Link](#)

McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed.). Chalcombe Publications. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479700023115>

Medeiros, P. H. A. de, de Oliveira, A. F., de Lima, E. M., Gonçalves, L. C., dos Santos Rodrigues, J. A., Keller, K. M., da Glória, J. R., Borges, A. L. da C. C., Lana, Â. M. Q., & Jayme, D. G. (2022). E-Ensilaging And Microbial Inoculant Use Effects On The Quality Of Maize Silages Exposed To Air. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 12(1). <https://doi.org/10.21206/rbas.v12i1.13683>

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55 <https://www.scienceopen.com/document?vid=e1859372-e696-424a-85fb-d305b0b594bc>

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217–222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>

Mertens, D. R., & Grant, R. J. (2020). Digestibility and intake. In K. J. Moore, M. Collins, C. J. Nelson, & D. D. Redfearn (Eds.), *Forages: The science of grassland agriculture* (Vol. 2, 7th ed., pp. 581–607). John Wiley & Sons <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch34>

Mills, J. A., & Kung, L., Jr. (2002). The effect of delayed ensiling and application of a propionic acid-based additive on the fermentation of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3429–3436 : [10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74273-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74273-2)

Miron, J., Solomon, R., Adin, G., Nir, U., Nikbachat, M., Yosef, E., Carmi, A., Weinberg, Z. G., Kipnis, T., Zuckerman, E., & Ben-Ghedalia, D. (2005). Effects of harvest stage and re-growth on yield, composition, ensilage and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10.1002/jsfa.2269. <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&id=W1971091851>

Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(suppl. special), 183-191. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/ynGDVy5rLyTQPPWMjHssmDM/?lang=en>

Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., Muthia, D., Ridla, M., Laconi, E. B., Ridwan, R., Fidriyanto, R., Abdelbagi, M., Harahap, R. P., & Jayanegara, A. (2021). Effects of ensiling, urea treatment and autoclaving on nutritive value and in-vitro rumen fermentation of rice straw. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 9(5), 655–661. https://researcherslinks.com/nexus_uploads/files/AAVS_9_5_655-661.pdf

Nguyen, T. H., Martinez, I., & Pellikaan, W. (2020). Using Lactic Acid Bacteria as Silage Inoculants or Direct-Fed Microbials to Improve In Vitro Degradability and Reduce Methane Emissions in Dairy Cows. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101482> *of Dairy Science*, 101(4), 2826–2840 [10.3168/jds.2017-13901](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13901) [External Link](#)

Ørskov E. R. and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(3), 499–503 https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridgecore/content/view/E2DB4F2290E374E10E9800E512D127A7/S002185960063048a.pdf/estimation_of_protein_degradability_in_the_rumen_from_incubation_measurements_weighted_according_to_rate_of_passage.pdf

Özdüven, M. L., Kurşun Önal, Z., & Koç, F. (2010). The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and in vitro dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(5), 751-756. https://www.researchgate.net/publication/285965293_The_Effects_of_Bacterial_Inoculants_andor_Enzymes_on_the_Fermentation_Aerobic_Stability_and_in_vitro_Dry_and_Organic_Matter_Digestibility_Characteristics_of_Triticale_Silages

Özkan, U., & Şahin Demirbağ, N. (2016). Türkiye'de Kaliteli Kaba Yem Kaynaklarının Mevcut Durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9(1), 23-27. https://www.researchgate.net/publication/305481621_Turkiyede_Kaliteli_Kaba_Yem_Kaynaklarini_Mevcut_Durumu

Pahlow, G. (1990). Role of microflora in forage conservation. In *Proceedings of the 13th General Meeting of the European Grassland Federation: Grassland and Forage Production in European Mountain Regions* (pp. 53-65). Federal Research Center of Agriculture (FAL) https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk005408.pdf

Peng, W., Zhang, L., Wei, M., Wu, B., Xiao, M., Zhang, R., Ju, J., Dong, C., Du, L., Zheng, Y., Bao, M., Bao, H., & Bao, X. (2024). Effects of *Lactobacillus plantarum* (L) and molasses (M) on nutrient composition, aerobic stability, and microflora of alfalfa silage in sandy grasslands. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1358085>

Pitt, R. E., & Leibensperger, R. Y. (1987). The effectiveness of silage inoculants: A systems approach. *Agricultural Systems*, 25(1), 27–41. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(87\)90097-7](https://doi.org/10.1016/0308-521X(87)90097-7)

Pot, B., Salvetti, E., Mattarelli, P., & Felis, G. E. (2019). The potential impact of the Queiroz, O. C. M., Ogunade, I. M., Weinberg, Z., & Adesogan, A. T. (2018). Silage Ravi, M., & Selvanayagam, M. (2016). Identification and characterization of

Reed, H., Mueller, B., Groves, C. L., & Smith, D. L. (2022). Presence and correlation of *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol accumulation in silage corn plant parts. *Plant Disease*, 106(5), 1363-1372. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0641-RE>

review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal*
Romero, J. J., Zhao, Y., Balseca-Paredes, M. A., Tiezzi, F., Gutierrez-Rodriguez, E., & Castillo, M. S. (2017). Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1812–1828. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11642>

Sairanen, A., Juutinen, E., & Rinne, M. (2022). The effect of grass silage harvesting strategy and concentrate level on feed intake, diet digestibility and milk production of dairy cows. *Agricultural and Food Science*, 31, 160–174. <https://doi.org/10.23986/afsci.113471>
Science, 6(1), 35 - 41. [10.7324/JAPS.2016.600106](https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.600106)

Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F., & Lowe, J. F. (1990). Methods for the microbiological analysis of silage. In S. Lindgren & K. Lunden Pettersson (Eds.), *Proceedings of the EUROBAC conference, Uppsala, Sweden, 12-16 August 1986* (pp. 147–164). Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122495/records/6477570cf2e6fe92b36576d4>

Silva, V. P., Pereira, O. G., Leandro, E. S., Paula, R. A., Agarussi, M. C. N., & Ribeiro, K. G. (2020). Selection of Lactic Acid Bacteria from Alfalfa Silage and Its Effects as Inoculant on Silage Fermentation. *Agriculture*, 10(11), 518 <https://doi.org/10.3390/agriculture10110518>

Singh, D., Chauhan, A., & Chaudhary, A. (2020). Evaluation of maize cultivars for forage yield, silage quality traits and nutrient uptake in agro-climatic conditions of central Gujarat, India. *Indian Journal of Animal Sciences*, 90(11), 1546–1550. <https://publications.rmsi.in/index.php/rma/article/view/85/71>

Soundharrajan, I., Kim, D., Kuppusamy, P., Muthusamy, K., Lee, H. J., & Choi, K. C. (2019). Probiotic and Triticale Silage Fermentation Potential of *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus brevis* and Their Impacts on Pathogenic Bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2038. DOI: [10.3389/fmicb.2019.01631](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01631)

Sucu, E., & Filya, İ. (2006). The Effects of Bacterial Inoculants on the Fermentation, Aerobic Stability and Rumen Degradability Characteristics of Wheat Silages. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30(2), 187-193. <https://acikerisim.uludag.edu.tr/server/api/core/bitstreams/e5a9b026-66a6-44ec-a7c5-ce875d7d97c4/content>

Vaičiulienė, G., Bakutis, B., Jovaišienė, J., Falkauskas, R., Gerulis, G., & Baliukonienė, V. (2020). *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract usability to improve silage hygienic quality and reduce mycotoxin concentrations. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(8), 1149-1155. <https://doi.org/10.4014/jmb.2003.03010>

- Valan Arasu, M., Jung, M.-W., Kim, D. H., Ilavenil, S., Jane, M., Park, H. S., Al-Dhabi, N. A., Jeon, B. T., & Choi, K. C. (2014). Enhancing nutritional quality of silage by fermentation with *Lactobacillus plantarum*. *Indian Journal of Microbiology*, *54*(4), 396–402. Doi: [10.1007/s12088-014-0473-9](https://doi.org/10.1007/s12088-014-0473-9)
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vega-García, J. I., López-González, F., Morales-Almaraz, E., & Arriaga-Jordán, C. M. (2021). *Grazed rain-fed small-grain cereals as a forage option for small-scale dairy systems in central Mexico* [Preprint]. Research Square <https://www.researchsquare.com/article/rs-617769/v1>
- Wang, S.Y., Jing, Y.Y., Yang, G., Liu, B., & Gao, F.Q. (2025). Effects of inoculants on the quality of alfalfa silage. *Frontiers in Microbiology*, *16*, Article 1541454. DOI: [10.3389/fmicb.2025.1541454](https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1541454)
- Weinberg, Z. G., & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, *19*(1), 53-68 <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x>
- Weiss, W. P. (1999). Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *82*(7), 1845-1851. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75641-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75641-3/pdf)
- Wilkinson, J. M., Bolsen, K. K., & Lin, C. J. (2003). History of silage. In D. R. Buxton, R. E. Muck, & J. H. Harrison (Eds.), *Silage science and technology* (Vol. 42, pp. 1–25). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c1>
- Wu, Q., Cao, M., Xie, H., Huang, Q., Zhou, X., Guo, J., Sun, Y., Yang, J., Lei, D., Zhang, A., Zuo, F., & Cao, Y. (2022). Effects of probiotic administration on the digestibility characteristics and growth performance of finishing beef cattle fed a total mixed ration containing different levels of corn stover. *Animal Science Journal*, *93*(1), e13751 <https://doi.org/10.1111/asj.13751>
- Xie, Z. L., Zhang, T. F., Chen, X. Z., Li, G. D., & Zhang, J. G. (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *25*(10), 1374–1380. <https://www.animbiosci.org/journal/view.php?number=22821>
- Xu, J., Zhang, K., Lin, Y., Li, M., Wang, X., Yu, Q., Sun, H., Cheng, Q., Xie, Y., Wang, C., Li, P., Chen, C., Yang, F., & Zheng, Y. (2022). Effect of cellulase and lactic acid bacteria on the fermentation quality, carbohydrate conversion, and microbial community of ensiling oat with different moisture contents. *Frontiers in Microbiology*, *13*, Article 1013258. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1013258>
- Xu, Z., He, H., Zhang, S., & Kong, J. (2017). Effects of inoculants *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus parafarraginis* on the fermentation characteristics and microbial

communities of corn stover silage. *Scientific Reports*, 7(1), Article 13614
[10.1038/s41598-017-14052-1](https://doi.org/10.1038/s41598-017-14052-1)

Yang, H. Y., Wang, X. F., Liu, J. B., Gao, L. J., Ishii, M., Igarashi, Y., & Cui, Z. J. (2006). Effects of water-soluble carbohydrate content on silage fermentation of wheat straw. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 2095–2101. DOI: [10.1263/jbb.101.232](https://doi.org/10.1263/jbb.101.232)

Yang, J., Cao, Y., Cai, Y., & Terada, F. (2010). Natural populations of lactic acid bacteria isolated from vegetable residues and silage fermentation. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3136–3145. [10.3168/jds.2009-2898](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2898)

Zi, X., Wang, W., Zhou, S., Zhou, F., Rao, D., Shen, P., Fang, S., & Wu, B. (2022). Prolonged drought regulates the silage quality of maize (*Zea mays* L.): Alterations in fermentation microecology. *Frontiers in Plant Science*, 13 <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1075407>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı:	Can ASLAN
Uyruğu:	T.C.
Orcid Numarası:	0009-0001-2914-4708

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Fakülte:	Ziraat Fakültesi
Bölümü:	Tarımsal Biyoteknoloji
Mezuniyet Yılı:	2018
Yüksek Lisans	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü:	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı:	Tarımsal Biyoteknoloji
Mezuniyet Yılı:	2026

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Ulusal Alan Endekslerinde (TR Dizin, ULAKBİM) Yayınlanan Tam Makale Aslan, C., & Filik, A. G. (2025). Effects of native <i>Lactobacillus brevis</i> (MF098783) strain on the fermentation profile, aerobic stability, and digestibility of wheat straw silage. <i>Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology</i> , 13(09), 2784–2789.